

١ استخدامات ووظائف وأهمية اقتصادية

السكانديوم	* يضاف إلى مصابيح أبخرة الزئبق، لإنتاج ضوء عالى الكفاءة يشبه ضوء الشمس.
مصابيح أبخرة الزئبق	* تستخدم فى التصوير التليفزيونى الليلى.
سبيكة الألومنيوم والسكانديوم	* تستخدم فى صناعة طائرات الميج المقاتلة نظرًا لخفتها وشدة صلابتها.
التيتانيوم	* يستخدم فى عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية لأن الجسم لا يلفظه ولا يسبب أى نوع من التسمم.
سبيكة الألومنيوم والتيتانيوم	* تستخدم فى صناعة الطائرات والمركبات الفضائية نظرًا لمتانتها فى درجات الحرارة المرتفعة فى الوقت الذى تنخفض فيه متانة الألومنيوم عندما يكون بمفرده.
ثانى أكسيد التيتانيوم TiO_2	* يدخل فى تركيب مستحضرات الحماية من أشعة الشمس لأن دقائقه النانوية تمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية للجلد.
سبيكة الصلب والفانديوم	* تستخدم فى صناعة زنبركات السيارات لأن عند إضافة نسبة ضئيلة منه إلى الصلب تتكون سبيكة تتميز بقساوتها العالية وقدرتها الكبيرة على مقاومة التآكل.
خامس أكسيد الفانديوم V_2O_5	* يستخدم كـ : • صبغة فى صناعة السيراميك والزجاج. • عامل حفاز فى صناعة المغناطيسات فائقة التوصيل. • عامل حفاز فى صناعة حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.
الكروم	* يستخدم فى : • طلاء المعادن. • دباغة الجلود.
أكسيد الكروم (III) Cr_2O_3	* يستخدم فى صناعة الأصباغ.

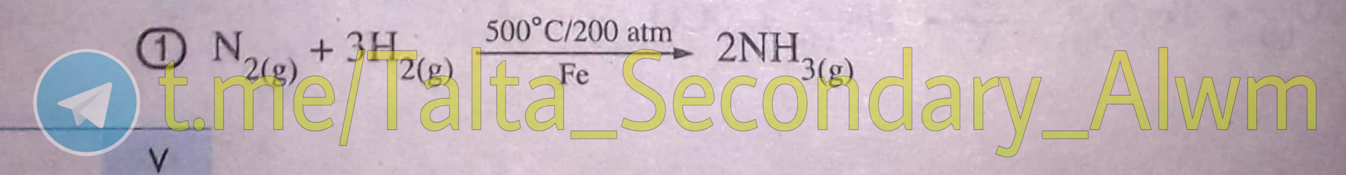
المادة	الاستخدام
ثانى كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$	* يستخدم كمادة مؤكسدة.
سبائك الحديد والمنجنيز	* تستخدم فى صناعة خطوط السكك الحديدية لأنها أصلب من الصلب.
سبائك الألومنيوم والمنجنيز	* تستخدم فى صناعة عبوات المشروبات الغازية لمقاومتها للتآكل.
ثانى أكسيد المنجنيز MnO_2	* يستخدم كعامل مؤكسد قوى يدخل فى صناعة العمود الجاف. * يستخدم كعامل حفاز فى تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2
برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$	* يستخدم كمادة مطهرة وكعامل مؤكسد.
كبريتات المنجنيز (II) $MnSO_4$	* تستخدم كمبيد للفطريات.
الحديد	* يستخدم فى صناعة : • الخرسانات المسلحة. • أبراج الكهرباء. • مواسير البنادق والمدافع. • الأدوات الجراحية. • السكاكين. • المغناطيسات. • يستخدم كعامل حفاز فى صناعة غاز النشادر بطريقة (هابر – بوش) • تحويل الغاز المائى إلى وقود سائل بطريقة (فيشر – تروبش).
الكوبلت	* يستخدم فى صناعة : • البطاريات الجافة فى السيارات الحديثة. • المغناطيسات.
نظير الكوبلت 60 المشع	* تستخدم أشعة جاما الصادرة عنه فى : • عمليات حفظ المواد الغذائية. • التأكد من جودة المنتجات (كالكشف عن مواقع الشقوق ولحام الوصلات) • الكشف عن الأورام الخبيثة وعلاجها.
النيكل	* يستخدم فى : • صناعة بطاريات النيكل كادميوم القابلة لإعادة الشحن. • طلاء المعادن لحمايتها من الأكسدة والتآكل مع إكسابها شكلاً أفضل. • عمليات هدرجة الزيوت.
سبائك النيكل كروم	* تستخدم فى صناعة ملفات التسخين والأفران الكهربية لأنها تقاوم التآكل حتى وهى مسخنة لدرجة الاحمرار.

المادة	الاستخدام
النحاس	* يستخدم فى صناعة : • الكابلات الكهربية لأنه موصل جيد للكهرباء. • سبائك العملات المعدنية.
كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$	* يستخدم كـ : • مبيد حشرى. • مبيد للفطريات فى عمليات تنقية مياه الشرب.
محلول فهلنج	* يستخدم فى الكشف عن سكر الجلوكوز (حيث يتحول لون المحلول الأزرق بواسطة سكر الجلوكوز إلى اللون البرتقالى).
الخارصين	* يستخدم فى جلفنة الفلزات كالحديد لحمايتها من الصدأ.
أكسيد الخارصين ZnO	* يستخدم فى صناعة : • الدهانات. • المطاط. • مستحضرات التجميل.
كبريتيد الخارصين (ZnS)	* يستخدم فى صناعة : • الطلاءات المضيئة. • شاشات الأشعة السينية.
العامل الحفاز	* زيادة معدل التفاعل الكيميائى عن طريق تقليل طاقة تنشيط المتفاعلات.
فحم الكوك فى الفرن العالى	* إنتاج غاز أول أكسيد الكربون الذى يقوم بدور العامل المختزل لأكاسيد الحديد.
• غاز CO فى الفرن العالى • الغاز المائى فى فرن مدركس	* اختزال أكاسيد الحديد إلى حديد.
• المحول الأكسجينى • الفرن المفتوح • الفرن الكهربى	* يستخدم فى صناعة الحديد الصلب.
أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3)	* يستخدم كلون أحمر فى الدهانات.

٢ تفاعلات كيميائية

الفلزات الانتقالية عوامل حفز مثالية

* يستخدم الحديد كعامل حفاز عند تحضير غاز النشادر فى الصناعة **بطريقة (هابر – بوش).**



① $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[Fe]{500°C/200\ atm} 2NH_{3(g)}$

* يستخدم خامس أكسيد الڤانديوم كعامل حفاز فى تحضير حمض الكبريتيك فى الصناعة بطريقة التلامس.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow[450°C]{V_2O_5} 2SO_{3(g)}$$

$$SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)}$$

* يستخدم ثانى أكسيد المنجنيز كعامل حفاز فى تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروچين H_2O_2

$$2H_2O_{2(l)} \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

تحسين الخواص الكيميائية لخامات الحديد

* تتم عملية تحميص خامات الحديد، بتسخينها بشدة فى الهواء، بغرض :
• تجفيف الخام (التخلص من الرطوبة) وزيادة نسبة الحديد فيه.

$$FeCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$
(48.5% Fe)

$$2FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)}$$
(69.6% Fe)

$$2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$
(40% Fe) (69.6% Fe)

• أكسدة بعض الشوائب (كالكبريت و الفوسفور).

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$$

$$4P_{(s)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2P_2O_{5(v)}$$

اختزال خامات الحديد

* يُختزل الهيماتيت فى الفرن العالى باستخدام غاز أول أكسيد الكربون الناتج من فحم الكوك

(0) $$C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$$

(1) $$CO_{2(g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$$

(2) $$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \xrightarrow[\Delta]{>700°C} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

* يُختزل الهيماتيت فى فرن مدركس باستخدام الغاز المائى (خليط من غازى CO ، H_2) الذى يمكن الحصول عليه من غاز الميثان.

(13) $2CH_{4(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{(g)} + 5H_{2(g)}$

(14) $2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$

الخواص الكيميائية للحديد

* يتفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار (500°C) مع الهواء أو الأكسچين، مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى.

(15) $3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)}$

* يتفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار (500°C) مع بخار الماء، مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى وهيدروچين.

(16) $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

* يتفاعل الحديد مع اللافلزات، مثل :
  - الكلور، مكونًا كلوريد الحديد (III) ولا يتكون كلوريد الحديد (II)، لأن غاز الكلور عامل مؤكسد يحول $FeCl_2$ إلى $FeCl_3$

(17) $2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_{3(s)}$

  - الكبريت، مكونًا كبريتيد الحديد (II).

(18) $Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$

* يتفاعل الحديد مع الأحماض المعدنية المخففة، مكونًا أملاح الحديد (II) ولا تتكون أملاح الحديد (III)، لأن غاز H_2 المتصاعد عامل مختزل يحول أملاح الحديد (III) إلى أملاح الحديد (II).

(19) $Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$

(20) $Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

* يتفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المركز الساخن مكونًا كبريتات الحديد (II) ، (III) وثانى أكسيد الكبريت وماء.

(21) $3Fe_{(s)} + 8H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[conc]{\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$

تحضير أكسيد الحديد (II) FeO

* يحضر أكسيد الحديد (II) بطريقتين، هما :

• تسخين أكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء.

$$(COO)_2Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)} + CO_{(g)}$$

ويلاحظ إنه ينتج عن عملية الاختزال أكسيد الحديد (II) وليس أكسيد الحديد (
لأن غاز أول أكسيد الكربون الناتج عن التفاعل عامل مختزل يحول أكسيد الحديد (
إلى أكسيد الحديد (II).

• اختزال الأكاسيد الأعلى بالهيدروجين.

$$Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400° : 700°C} 2FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400° : 700°C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

الخواص الكيميائية لأكسيد الحديد (II) (FeO)

* يتأكسد أكسيد الحديد (II) بسهولة فى الهواء الساخن مكونًا أكسيد الحديد (III)

$$4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)}$$

* يتفاعل أكسيد الحديد (II) مع الأحماض المعدنية المخففة (كحمض الكبريتيك)
مكونًا أملاح الحديد (II) و ماء.

$$FeO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تحضير أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3)

* يُحضر أكسيد الحديد (III) بطريقتين، هما :

• إضافة محلول هيدروكسيد الأمونيوم إلى محلول كلوريد الحديد (III)،
ثم تسخين هيدروكسيد الحديد (III) الناتج إلى درجة حرارة أعلى من 200°C

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

$$2Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow{>200°C} Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

• تسخين كبريتات الحديد (II)

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

الخواص الكيميائية لأكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3)

* يتفاعل أكسيد الحديد (III) مع الأحماض المعدنية المركزة الساخنة (كحمض الكبريتيك) مكوناً أملاح الحديد (III) و بخار ماء.

(30) $Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow[conc]{\Delta} Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$

تحضير أكسيد الحديد المغناطيسى (Fe_3O_4)

* يُحضر أكسيد الحديد المغناطيسى بطريقتين، هما :
  - تفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار مع الهواء أو الأكسچين أو بخار الماء «المعادلتين (15) ، (16)».
  - اختزال أكسيد الحديد (III).

(31) $3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230^\circ : 300^\circ C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$

الخواص الكيميائية لأكسيد الحديد المغناطيسى (Fe_3O_4)

* يتفاعل أكسيد الحديد المغناطيسى مع الأحماض المركزة الساخنة (كحمض الكبريتيك) مكوناً ملحى الحديد (II) ، (III) و بخار ماء مما يدل على أنه أكسيد مختلط.

(32) $Fe_3O_{4(s)} + 4H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[conc]{\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$

* يتأكسد أكسيد الحديد المغناطيسى عند تسخينه فى الهواء مكوناً أكسيد الحديد (III).

(33) $2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$

معادلات مرتبطة بحلول بعض الأسئلة

* يتفاعل محلول كبريتات الحديد (II) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم مكوناً راسب أبيض مخضر من هيدروكسيد الحديد (II) ومحلول كبريتات الصوديوم.

(34) $FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$

* يُختزل أكسيد الحديد (II) بواسطة غاز الهيدروچين مكوناً حديد و بخار ماء.

(35) $FeO_{(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_{(s)} + H_2O_{(v)}$

* يُختزل أكسيد الحديد المختلط بواسطة غاز أول أكسيد الكربون مكوناً حديد و غاز ثانى أكسيد الكربون.

(36) $Fe_3O_{4(s)} + 4CO_{(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_{(s)} + 4CO_{2(g)}$

(37) $FeO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} FeCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

(38) $Fe_3O_{4(s)} + 8HCl_{(aq)} \xrightarrow[conc]{\Delta} FeCl_{2(aq)} + 2FeCl_{3(aq)} + 4H_2O_{(l)}$

(39) $Fe_2O_{3(s)} + 6HCl_{(aq)} \xrightarrow[conc]{\Delta} 2FeCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$

٣ مقارنات

١ سلاسل العناصر الانتقالية الرئيسية

	السلسلة الانتقالية الأولى	السلسلة الانتقالية الثانية	السلسلة الانتقالية الثالثة	السلسلة الانتقالية الرابعة
رقم الدورة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة
يتتابع فيها امتلاء	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$
تبدأ بعنصر	السكانديوم	اليتريوم	اللانثانيوم	
تنتهى بعنصر	الخارصين	الكادميوم	الزئبق	

٢ المادة البارامغناطيسية و المادة الديامغناطيسية

المادة البارامغناطيسية	المادة الديامغناطيسية
* تنجذب نحو المجال المغناطيسى الخارجى. * أوربيتالات (d) فيها تحتوى على إلكترون مفرد أو أكثر. * عزمها المغناطيسى يتراوح بين (1 : 5) * مثل : Co ، V ، Fe^{3+} ، Ni^{2+}	* تتنافر مع المجال المغناطيسى الخارجى. * أوربيتالات (d) فيها يتم شغلها جميعًا بأزواج من الإلكترونات. * عزمها المغناطيسى يساوى zero * مثل : Cu ، Zn ، Zn^{2+} ، Cu^{+}

٣ خامات الحديد

	الهيماتيت	الليمونيت	المجنتيت	السيدريت
الاسم الكيميائى	أكسيد الحديد (III)	أكسيد الحديد (III) المتهدرت	أكسيد الحديد المغناطيسى	كربونات الحديد (II)
الصيغة الكيميائية	Fe_2O_3	$2Fe_2O_3.3H_2O$	Fe_3O_4	$FeCO_3$
اللون	أحمر داكن	أصفر	أسود	رمادى مصفر
أهم خواصه	سهل الاختزال	سهل الاختزال	له خواص مغناطيسية	سهل الاختزال

٤ أنواع السبائك

	السبيكة البينية	السبيكة الاستبدالية	السبيكة البينفلزية
التعريف	سبيكة تحتل فيها ذرات فلز (أصغر حجمًا) المسافات البينية فى الشبكة البللورية لذرات الفلز النقى (الأكبر حجمًا) بغرض تحسين خواصه الفيزيائية	سبيكة تُستبدل فيها بعض ذرات الفلز الأصلى بذرات فلز آخر، له نفس القطر والشكل البللورى والخواص الكيميائية	سبيكة تتحد العناصر المكونة لها – والتى لا تقع فى مجموعة واحدة من الجدول الدورى – اتحادًا كيميائيًا مكونة مركبات لا تخضع صيغها الكيميائية لقوانين التكافؤ
أمثلة	• سبيكة الحديد الصلب (الحديد و الكربون).	• سبيكة الصلب الذى لا يصدأ (الحديد و الكروم). • سبيكة الحديد و النيكل. • سبيكة الذهب و النحاس.	• سبيكتى [(الألومنيوم ، النيكل) و (الألومنيوم ، النحاس)] والمعروفتين باسم الديورألومين. • سبيكة السيمنتيت (Fe_3C) • سبيكة الرصاص و الذهب (Au_2Pb)

٤ جـــداول

العناصر المكونة لبعض السبائك

السبيكة	العناصر المكونة لها
البرونز	النحاس و القصدير
النحاس الأصفر	النحاس و الخارصين
الحديد الصلب (سبيكة بينية)	الحديد و الكربون
السيمنتيت (سبيكة بينفلزية)	الحديد و الكربون (Fe_3C)
الحديد المجلفن	الحديد و الخارصين
الصلب الذى لا يصدأ (الاستانليس ستيل)	الحديد و الكروم
الديورألومين	(الألومنيوم ، النيكل) و (الألومنيوم ، النحاس)

٥ نبذات علمية

* تستخدم **طريقة (هابر – بوش)** فى تحضير غاز النشادر فى الصناعة من عنصريه (النيتروچين والهيدروچين) فى وجود الحديد كعامل حفاز. «المعادلة ① صفحة (٧)».

* تستخدم **طريقة (فيشر – تروبش)** فى تحويل الغاز المائى (خليط من غازى H_2 ، CO) إلى وقود سائل فى وجود الحديد كعامل حفاز.

* تستخدم **طريقة التلامس** فى صناعة حمض الكبريتيك فى وجود خامس أكسيد الڤانديوم V_2O_5 كعامل حفاز. «المعادلتين ③ ، ② صفحة (٨)».

* **العنصر الانتقالى** هو العنصر الذى تكون فيه الأوربيتالات (d) أو (f) مشغولة بالإلكترونات لكنها غير ممتلئة سواء فى الحالة الذرية أو فى أى حالة من حالات التأكسد.

* تتميز العناصر الانتقالية **بتعدد حالات تأكسدها** – لتتابع خروج الإلكترونات من المستويين الفرعيين ns ، $(n-1)d$ المتقاربين فى الطاقة – وهو ما لا يلاحظ فى الفلزات **الممثلة**، التى غالبًا ما يكون لها حالة تأكسد وحيدة، ولهذا لا يمكن الحصول على أيونات Na^{2+} ، Mg^{3+} ، Al^{4+} لأن جهد التأين (الثانى للصوديوم والثالث للماغنسيوم والرابع للألومنيوم) يكون كبيرًا جدًا لأنه يتسبب فى كسر مستوى طاقة مكتمل بالإلكترونات.

* ذرة أو أيون العنصر الانتقالى يكونا أكثر استقرارًا عندما يكون المستوى الفرعى (d) نصف ممتلئ بالإلكترونات (كما فى: Fe^{3+} ، Mn^{2+} ، Cr) أو تام الامتلاء بالإلكترونات (كما فى: Zn^{2+} ، Zn ، Cu^{+} ، Cu).

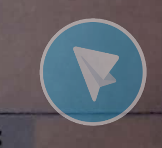
الخصائص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

* تزداد الكتلة الذرية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة العدد الذرى، ويشذ عن ذلك النيكل

* **التناقص فى الحجم الذرى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى لا يكون كبيرًا، (الثبات النسبى لنصف القطر من الكروم إلى النحاس).**

يرجع ذلك إلى أثر عاملين متعاكسين، **هما** :

- زيادة شحنة النواة الفعالة وكذلك العدد الكلى للإلكترونات بزيادة العدد الذرى للعناصر وهو ما يعمل على نقص نصف القطر الذرى.
- زيادة عدد إلكترونات المستوى الفرعى $(3d)$ يزيد من قوى التنافر بينها، وهو ما يؤدى إلى زيادة نصف القطر الذرى.



* **تستخدم عناصر السلسلة الانتقالية الأولى فى صناعة السبائك** بسبب الثبات النسبى لأنصاف أقطار ذراتها.

* **تزداد كثافة عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة العدد الذرى** بسبب الزيادة فى كتلتها الذرية مع الثبات النسبى فى أحجامها الذرية.

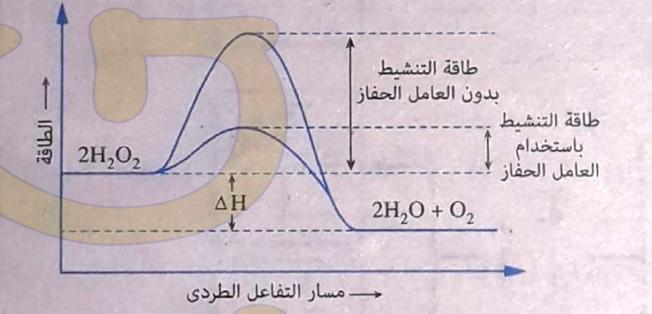
* **تتميز عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بارتفاع درجتى انصهارها وغليانها** لقوة الرابطة الفلزية فى هذه العناصر نتيجة اشتراك إلكترونات الأوربيتالين $(4s)$ ، $(3d)$ فى تكوينها.

* تتباين فلزات السلسلة الانتقالية الأولى **فى نشاطها الكيميائى، فعنصر :**
  - السكانديوم **شديد النشاط**، يحل محل هيدروچين الماء فى تفاعل عنيف.
  - الحديد **متوسط النشاط**، يصدأ عند تعرضه للهواء الرطب.
  - النحاس **محدود النشاط**.

* **معظم الفلزات الانتقالية ومركباتها مواد بارامغناطيسية (تتجاذب مع المجال المغناطيسى الخارجى)**، لأن حركة الإلكترونات المفردة حول محورها فى المستوى الفرعى (d) تنتج مجالات مغناطيسية تتجاذب مع المجال المغناطيسى الخارجى.

* تتناسب **قوى الجذب المغناطيسى** فى المواد البارامغناطيسية **طرديًا مع** عدد الإلكترونات المفردة.

* تعتبر العناصر الانتقالية **عوامل حفز مثالية** حيث تقوم بتقليل طاقة التنشيط، وهو ما يؤدى إلى زيادة سرعة (معدل) التفاعل الكيميائى.



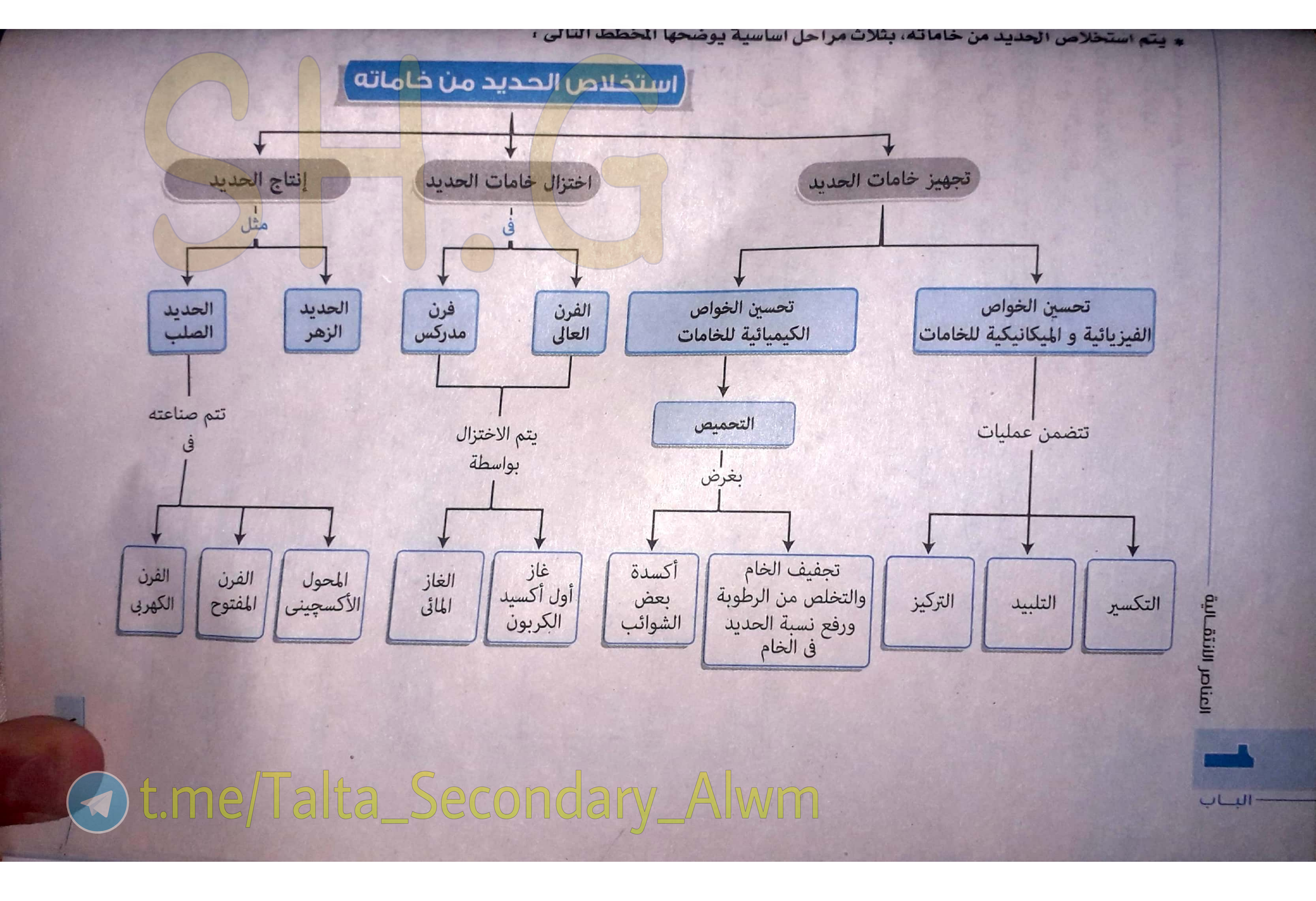
* **معظم أيونات العناصر الانتقالية ملونة** بسبب الامتلاء الجزئى لأوربيتالات المستوى الفرعى الأخير $(d^{1:9})$ أى وجود إلكترونات مفردة فى المستوى الفرعى d

* مركبات الكروم Cr^{3+} (III) **تظهر باللون الأخضر** لأنها تمتص طاقة فوتون الضوء الأحمر فتظهر باللون الأخضر المتمم له.

* **أيونات** Sc^{3+} ، Cu^{+} ، Zn^{2+} **غير ملونة** لأن أوربيتالات المستوى الفرعى $3d$ تكون فارغة فى حالة Sc^{3+} وتامة الامتلاء فى حالتى Cu^{+} و Zn^{2+} وبالتالى لا تتواجد إلكترونات مفردة فى هذه الحالات.

* **يسبب حمض النيتريك المركز خمولًا للحديد** لتكون طبقة من الأكسيد غير المسامى على سطح الحديد تمنع استمرار تفاعله مع الحمض.

* يتم استخلاص الحديد من خاماته، بثلاث مراحل أساسية يوضحها المخطط التالى :



١ ذوبانية بعض المركبات الشائعة فى الماء

الأنيونات	مع الكاتيونات	الذوبانية فى الماء
(١) كل الأنيونات	(H^+) ، (NH_4^+) ، (K^+) ، (Na^+)	تذوب
(٢) النترات (NO_3^-) البيكربونات (HCO_3^-)	كل الكاتيونات	تذوب
(٣) الكبريتيد (S^{2-})	(Ba^{2+}) ، (Ca^{2+}) ، (Mg^{2+}) ، (H^+) ، (NH_4^+) ، (K^+) ، (Na^+) ---------- عدا ---------- باقى الكاتيونات	تذوب ---------- شحيحة الذوبان
(٤) الكبريتات (SO_4^{2-})	كل الكاتيونات ---------- عدا ---------- (Pb^{2+}) ، (Ba^{2+}) ، (Ca^{2+}) ، (Ag^+)	تذوب ---------- شحيحة الذوبان
(٥) الهيدروكسيد (OH^-)	(H^+) ، (NH_4^+) ، (K^+) ، (Na^+) ---------- عدا ---------- باقى الكاتيونات [Ca^{2+} درجة ذوبانه منخفضة]	تذوب ---------- شحيحة الذوبان
(٦) الكلوريد (Cl^-) البروميد (Br^-) اليوديد (I^-)	كل الكاتيونات ---------- عدا ---------- (Cu^{2+}) ، (Pb^{2+}) ، (Ag^+)	تذوب ---------- شحيحة الذوبان
(٧) الفوسفات (PO_4^{3-}) الكربونات (CO_3^{2-}) الكبريتيت (SO_3^{2-})	(H^+) ، (NH_4^+) ، (K^+) ، (Na^+) ---------- عدا ---------- باقى الكاتيونات	تذوب ---------- شحيحة الذوبان

٢ معادلات كيميائية

أولًا الكشف عن الأنيونات (الشقوق الحامضية)

أ مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف

١ مجموعة الكربونات (CO_3^{2-})

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى ملح الكربونات، يحدث فوران لتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2

① $Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

* يتعكر ماء الجير الرائق عند إمرار غاز ثانى أكسيد الكربون فيه **لمدة قصيرة** (S.T).

② $CO_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{S.T} CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **كبريتات الماغنسيوم** إلى محلول ملح الكربونات يتكون راسب أبيض **على البارد من كربونات الماغنسيوم**، يذوب فى حمض الهيدروكلوريك.

③ $Na_2CO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + MgCO_{3(s)}$

④ $MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

٢ مجموعة البيكربونات (HCO_3^-)

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى ملح البيكربونات، يحدث فوران، لتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يعكر ماء الجير الرائق.

⑤ $NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول كبريتات الماغنسيوم إلى محلول ملح البيكربونات يتكون راسب أبيض من كربونات الماغنسيوم **بعد التسخين**.

⑥ $2NaHCO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Mg(HCO_3)_{2(aq)}$

⑦ $Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

٣ مجموعة الكبريتيت (SO_3^{2-})

• **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى ملح الكبريتيت، يتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت **ذو الرائحة النفاذة**.

$$⑧\ Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}$$

* عند تعرض ورقة مبللة بمحلول **ثانى كرومات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك المركز لغاز ثانى أكسيد الكبريت المتصاعد فإنها **تخضّر**، لتكون مادة كبريتات الكروم (III) (خضراء اللون).

$$⑨\ K_2Cr_2O_{7(aq)} + 3SO_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

• **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول ملح الكبريتيت، يتكون راسب **أبيض من كبريتيت الفضة**، يسود بالتسخين.

$$⑩\ Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_2SO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

٤ مجموعة الكبريتيد (S^{2-})

• **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى ملح الكبريتيد، يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروچين **ذو الرائحة الكريهة**.

$$⑪\ Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

* عند تعرض ورقة مبللة بمحلول **أسيتات الرصاص (II)** لغاز كبريتيد الهيدروچين المتصاعد، فإنها **تسوَّد**، لتكون مركب كبريتيد الرصاص (II) الأسود اللون.

$$⑫\ (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}$$

• **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول ملح الكبريتيد، يتكون راسب **أسود** من كبريتيد الفضة.

$$⑬\ Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$$

٥ مجموعة الثيوكبريتات $(S_2O_3^{2-})$

• **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى ملح الثيوكبريتات، يتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت ويظهر راسب **أصفر** نتيجة لتعلق الكبريت فى المحلول.

(14) $Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$

• **التجربة التأكيدية** : عند إضافة **محلول اليود** إلى محلول ملح ثيوكبريتات، **يزول لون اليود البنى** لتكون محلول يوديد الصوديوم عديم اللون.

(15) $2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow Na_2S_4O_{6(aq)} + 2NaI_{(aq)}$

٦ مجموعة النيتريت (NO_2^-)

• **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى ملح النيتريت، يتصاعد غاز أكسيد النيتريك **عديم اللون** والذى يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى **اللون البنى المحمر**، لاتحاده بالأكسچين مكوناً غاز ثانى أكسيد النيتروچين.

(16) $NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$

(17) $3HNO_{2(aq)} \longrightarrow HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$

(18) $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$

• **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **برمنجنات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك المركز إلى محلول ملح نيتريت الصوديوم، **يزول لون البرمنجنات البنفسجى** لاختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم متحولاً إلى محاليل أملاح أخرى، خليطها عديم اللون.

(19) $5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow$
$5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)}$



ب مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز

١ أنيون الكلوريد (Cl^-)

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى ملح الكلوريد مع التسخين، يتصاعد غاز كلوريد الهيدروچين **عديم اللون**، والذى يُكون **سحب بيضاء** عند تقريب ساق زجاجية مبللة بمحلول النشادر إليه.

(20) $2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$

(21) $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول ملح الكلوريد، يتكون راسب **أبيض** من كلوريد الفضة، يصير **بنفسجيًا** عند تعرضه للضوء، **ويذوب فى** محلول النشادر المركز.

(22) $NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$

٢ أنيون البروميد (Br^-)

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى ملح البروميد مع التسخين، يتصاعد غاز بروميد الهيدروچين **عديم اللون** والذى يتأكسد جزء منه بفعل حمض الكبريتيك مكونًا **أبخرة برتقالية حمراء** من البروم تسبب **اصفرار** ورقة مبللة بمحلول **النشا**.

(23) $2NaBr_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HBr_{(g)}$

(24) $2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + Br_{2(v)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول ملح البروميد، يتكون راسب **أبيض مصفر** من بروميد الفضة، يصير **داكنًا** عند تعرضه للضوء، **ويذوب ببطء فى** محلول النشادر المركز.

(25) $NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}$

٣ أنيون اليوديد (I^-)

• **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى ملح اليوديد مع التسخين يتصاعد غاز يوديد الهيدروجين **عديم اللون** والذى يتأكسد جزء منه بفعل حمض الكبريتيك مكونًا **أبخرة اليود البنفسجية**، والتى **تُزرق** ورقة مبللة بمحلول **النشا**.

(26) $2KI_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} K_2SO_{4(aq)} + 2HI_{(g)}$

(27) $2HI_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + I_{2(v)}$

• **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول ملح اليوديد، يتكون راسب **أصفر** من يوديد الفضة، **لا يذوب** فى محلول النشادر.

(28) $NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$

٤ أنيون النترات (NO_3^-)

• **التجربة الأساسية** : عند إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى ملح النترات مع التسخين تتصاعد **أبخرة بنية حمراء** من ثانى أكسيد النيتروجين، تزداد كثافتها عند إضافة القليل من خراطة النحاس إلى خليط التفاعل.

(29) $2NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(l)}$

(30) $4HNO_{3(l)} \xrightarrow{\Delta} 2H_2O_{(l)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

(31) $Cu_{(s)} + 4HNO_{3(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 2NO_{2(g)}$

• **التجربة التأكيدية (اختبار الحلقة البنية)** :

عند إضافة محلول **كبريتات الحديد (II)** حديث التحضير إلى محلول ملح النترات، ثم إضافة بضع قطرات من حمض الكبريتيك المركز بحرص على السطح الداخلى لأنبوبة الاختبار، تتكون **حلقة بنية** عند السطح الفاصل بين الحمض ومحاليل التفاعل **تزول** بالرج أو التسخين.

(32) $2NaNO_{3(aq)} + 6FeSO_{4(aq)} + 4H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} 3Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} + 4H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$

(33) $FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$ «مركب الحلقة البنية»

جـ مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم

١ مجموعة الفوسفات (PO_4^{3-})

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول ملح الفوسفات، يتكون راسب **أبيض** من فوسفات الباريوم **يذوب** فى حمض الهيدروكلوريك المخفف.

(34) $2Na_3PO_{4(aq)} + 3BaCl_{2(aq)} \longrightarrow Ba_3(PO_4)_{2(s)} + 6NaCl_{(aq)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محلول ملح الفوسفات، يتكون راسب **أصفر** من فوسفات الفضة، **يذوب** فى كل من محلول النشادر وحمض النيتريك.

(35) $Na_3PO_{4(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 3NaNO_{3(aq)} + Ag_3PO_{4(s)}$

٢ مجموعة الكبريتات (SO_4^{2-})

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول ملح الكبريتات، يتكون راسب **أبيض** من كبريتات الباريوم **لا يذوب** فى حمض الهيدروكلوريك المخفف.

(36) $Na_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول أسيتات الرصاص (II) إلى محلول ملح الكبريتات، يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص (II).

(37) $Na_2SO_{4(aq)} + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow 2CH_3COONa_{(aq)} + PbSO_{4(s)}$

ثانيًا الكشف عن الكاتيونات (الشقوق القاعدية)

أ المجموعة التحليلية الثانية

كاتيون النحاس (Cu^{2+})

- عند إضافة قطرات من **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى محلول ملح النحاس (II)، ثم إمرار غاز كبريتيد الهيدروچين فى المحلول، يتكون راسب **أسود** من كبريتيد النحاس (II)، **يذوب** فى حمض النيتريك الساخن.

(38) $CuSO_{4(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)}$

ب المجموعة التحليلية الثالثة

١ كاتيون الألومنيوم Al^{3+}

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة محلول **هيدروكسيد الأمونيوم** إلى محلول ملح الألومنيوم، يتكون راسب **أبيض چيلاتينى** من هيدروكسيد الألومنيوم، **يذوب فى** كل من الأحماض المخففة ومحلول الصودا الكاوية.

(39) $$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **هيدروكسيد الصوديوم** إلى محلول ملح الألومنيوم، يتكون راسب **أبيض چيلاتينى** من هيدروكسيد الألومنيوم، **يذوب فى** وفرة من هيدروكسيد الصوديوم، مكونًا ميتا ألومينات الصوديوم.

(40) $$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$$

(41) $$Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

ميتا ألومينات صوديوم

٢ كاتيون الحديد (II) Fe^{2+}

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة محلول **هيدروكسيد الأمونيوم** إلى محلول ملح الحديد (II)، يتكون راسب **أبيض** يتحول عند تعرضه للهواء إلى اللون **الأبيض المخضر**، **ويذوب فى الأحماض**.

(42) $$FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **هيدروكسيد الصوديوم** إلى محلول ملح الحديد (II)، يتكون راسب **أبيض مخضر** من هيدروكسيد الحديد (II).

(43) $$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$$



٣ كاتيون الحديد (III) Fe^{3+}

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة محلول **هيدروكسيد الأمونيوم** إلى محلول ملح الحديد (III)، يتكون **راسب بنى محمر چيلاتينى** من هيدروكسيد الحديد (III) ، **يذوب فى الأحماض.**

(44) $FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$

- **التجربة التأكيدية** : عند إضافة محلول **هيدروكسيد الصوديوم** إلى محلول ملح الحديد (III)، يتكون **راسب بنى محمر چيلاتينى** من هيدروكسيد الحديد (III).

(45) $FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$

جـ المجموعة التحليلية الخامسة

كاتيون الكالسيوم Ca^{2+}

- **التجربة الأساسية** : عند إضافة محلول **كربونات الأمونيوم** إلى محلول ملح الكالسيوم، يتكون **راسب أبيض** من كربونات الكالسيوم، **يذوب** فى حمض الهيدروكلوريك المخفف، وكذلك فى الماء المحتوى على غاز ثانى أكسيد الكربون.

(46) $CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \longrightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + CaCO_{3(s)}$

(47) $CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$

- **التجربة التأكيدية** :

(١) عند إضافة حمض الكبريتيك **المخفف** إلى محلول ملح الكالسيوم، يتكون **راسب أبيض** من كبريتات الكالسيوم.

(48) $CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} 2HCl_{(aq)} + CaSO_{4(s)}$

(٢) **الكشف الجاف** :

عند تعرض ملح صلب يحتوى على كاتيونات كالسيوم للمنطقة غير المضيئة من لهب بنزن، فإنها تتلون بلون **أحمر طوبى**.



٣ طرق كشف و تمييز

«يرجى الرجوع للمعادلات صفحات (١٨ : ٢٥) لعدم التكرار»

١ التمييز بين أنيونات مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف باستخدام حمض HCl المخفف

	كربونات الصوديوم	بيكربونات الصوديوم	كبريتيت الصوديوم	كبريتيد الصوديوم	ثيوكبريتات الصوديوم	نيتريت الصوديوم
عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح	يحدث فوران لتصاعد غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق «المعادلتين ① ، ②»	يحدث فوران لتصاعد غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق «المعادلتين ⑤ ، ②»	يتصاعد غاز SO_2 ذو الرائحة النفاذة والذى يُخضر ورقة مبللة بمحلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز «المعادلتين ⑧ ، ⑨»	يتصاعد غاز H_2S ذو الرائحة الكريهة والذى يُسوِّد ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II) «المعادلتين ⑪ ، ⑫»	يتصاعد غاز SO_2 ويظهر راسب أصفر معلق من الكبريت «المعادلة ⑭»	يتصاعد غاز NO عديم اللون والذى يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى اللون البنى المحمر «المعادلات ⑯ : ⑱»

٢ التمييز بين أنيونات (الكبريتيت ، الكبريتيد ، الكلوريد ، البروميد ، اليوديد ، الفوسفات) باستخدام محلول نترات الفضة

	كبريتيت الصوديوم	كبريتيد الصوديوم	كلوريد الصوديوم	بروميد الصوديوم	يوديد الصوديوم	فوسفات الصوديوم
عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محلول ملح	يتكون راسب أبيض، يسوَّد بالتسخين «المعادلة ⑩»	يتكون راسب أسود «المعادلة ⑬»	يتكون راسب أبيض يصير بنفسجيًا عند تعرضه للضوء، ويذوب فى محلول النشادر المركز «المعادلة ㉒»	يتكون راسب أبيض مصفر يصير داكنًا عند تعرضه للضوء ويذوب ببطء فى محلول النشادر المركز «المعادلة ㉕»	يتكون راسب أصفر لا يذوب فى محلول النشادر «المعادلة ㉘»	يتكون راسب أصفر يذوب فى كل من محلول النشادر وحمض النيتريك «المعادلة ㉟»

٣ التمييز بين أنيونات مجموعة حمض الكبريتيك المركز باستخدام حمض H_2SO_4 المركز

	كلوريد الصوديوم	بروميد الصوديوم	يوديد الصوديوم	نترات الصوديوم
عند إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى الملح مع التسخين	يتصاعد غاز عديم اللون، يُكون سحب بيضاء عند تعريضه لساق مبللة بمحلول النشادر «المعادلتين 20 ، 21»	تتصاعد أبخرة برتقالية حمراء، تُصفّر ورقة مبللة بمحلول النشا «المعادلتين 23 ، 24»	تتصاعد أبخرة اليود البنفسجية التى تُزرِّق ورقة مبللة بمحلول النشا «المعادلتين 26 ، 27»	تتصاعد أبخرة بنية حمراء «المعادلتين 29 ، 30»

٤ التمييز بين كاتيونات (الألومنيوم ، الحديد (II) ، الحديد (III)) باستخدام محلول الصودا الكاوية

	كبريتات الألومنيوم	كبريتات الحديد (II)	كلوريد الحديد (III)
عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول ملح	يتكون راسب أبيض چيلاتينى يذوب فى وفرة من NaOH «المعادلتين 40 ، 41»	يتكون راسب أبيض مخضر «المعادلة 43»	يتكون راسب بنى محمر چيلاتينى «المعادلة 45»



٥ التمييز بين ملح كربونات الصوديوم و ملح بيكربونات الصوديوم باستخدام محلول كبريتات الماغنسيوم

	كربونات الصوديوم	بيكربونات الصوديوم
عند إضافة محلول كبريتات الماغنسيوم إلى محلول ملح	يتكون راسب أبيض على البارد «المعادلة 3»	يتكون راسب أبيض بعد التسخين «المعادلتين 6 ، 7»

٦ التمييز بين ملح نيتريت الصوديوم و نترات الصوديوم باستخدام حمض الهيدروكلوريك

	نيتريت الصوديوم	نترات الصوديوم
عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح	يتصاعد غاز NO عديم اللون والذى يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى اللون البنى المحمر «المعادلات 16 : 18»	لا يحدث تفاعل

٧ التمييز بين ملح بيكربونات الكالسيوم و ملح كلوريد الكالسيوم باستخدام حمض الهيدروكلوريك

	بيكربونات الكالسيوم	كلوريد الكالسيوم
عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح	يحدث فوران لتصاعد غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق	لا يحدث تفاعل

٨ التمييز بين أنيون الكبريتات و أنيون الفوسفات باستخدام محلول كلوريد الباريوم

	كبريتات الصوديوم	فوسفات الصوديوم
عند إضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول ملح	يتكون راسب أبيض لا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك المخفف «المعادلة 36»	يتكون راسب أبيض يذوب فى حمض الهيدروكلوريك المخفف «المعادلة 34»

٩ التمييز بين ملح كبريتيد الصوديوم و ملح كلوريد الصوديوم باستخدام حمض الهيدروكلوريك

	كبريتيد الصوديوم	كلوريد الصوديوم
عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح	يتصاعد غاز H_2S ذو الرائحة الكريهة والذى يُسوِّد ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II) «المعادلتين 11 ، 12»	لا يحدث تفاعل

١٠ التمييز بين ملح كبريتات الصوديوم و ملح يوديد الصوديوم باستخدام حمض الكبريتيك المركز الساخن

	كبريتات الصوديوم	يوديد الصوديوم
عند إضافة حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى ملح	لا يحدث تفاعل	تتصاعد أبخرة اليود البنفسجية التى تزرِّق ورقة مبللة بمحلول النشا «المعادلتين 26 ، 27»

١١ التمييز بين ملحى كبريتيت الصوديوم و كبريتات الصوديوم باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف

	كبريتيت الصوديوم	كبريتات الصوديوم
عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح	يتصاعد غاز SO_2 الذى يخضر ورقة مبللة بثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز «المعادلتين 8 ، 9»	لا يحدث تفاعل

١٢ التمييز بين حمض الهيدروكلوريك و حمض الكبريتيك باستخدام ملح كلوريد الصوديوم

	حمض الهيدروكلوريك	حمض الكبريتيك
عند إضافة ملح كلوريد الصوديوم إلى كلًا من	لا يحدث تفاعل	يتصاعد غاز عديم اللون والذى يُكون سحب بيضاء عند تعرضه لساق مبللة بمحلول النشادر «المعادلتين 20 ، 21»

١٣ التمييز بين كبريتات الصوديوم و كبريتات الألومنيوم باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم

	كبريتات الصوديوم	كبريتات الألومنيوم
عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول ملح	لا يحدث تفاعل	يتكون راسب أبيض چيلاتينى يذوب فى وفرة من NaOH «المعادلتين 40 ، 41»

٤ بعض الأدلة الكيميائية المستخدمة فى عمليات المعايرة

الدليل	اللون فى الوسط المتعادل	اللون فى الوسط الحامضى	اللون فى الوسط القاعدى
الميثيل البرتقالى	برتقالى	أحمر	أصفر
الفينولفثالين	عديم اللون	عديم اللون	أحمر
عباد الشمس	إرجوانى	أحمر	أزرق
أزرق بروموثيمول	أخضر فاتح	أصفر	أزرق

٥ قوانين و علاقات

١ تراكم معرفى

المفاهيم والقوانين الآتى ذكرها سبق دراستها فى الصف الأول الثانوى، وهى مقررة فى هذا المنهج لعلاقتها بباقى أبواب المنهج المقرر، إلا إنها لن تكون موضع أسئلة مباشرة.

١ * **الكتلة المولية** هى مجموع الكتل الذرية للعناصر الداخلة فى تركيب **جزىء** المركب التساهمى أو **وحدة صيغة** المركب الأيونى، مقدرة بوحدة (g/mol).

مثال احسب **الكتلة المولية** من مركب كلورات الصوديوم $NaClO_3$

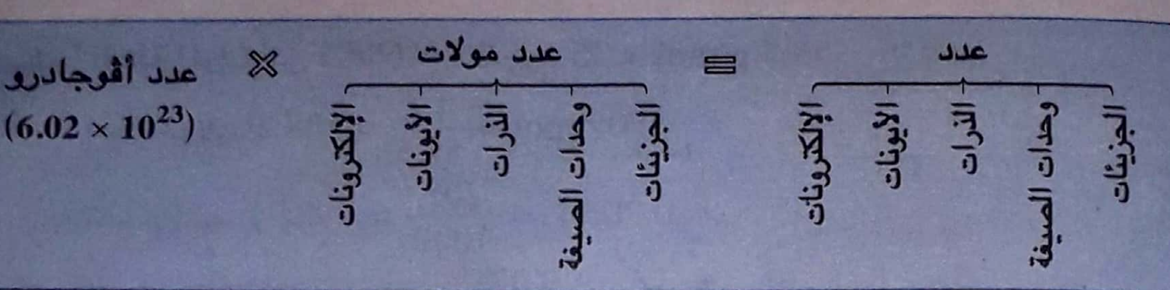
[Na = 23 , Cl = 35.5 , O = 16]

الحل الكتلة المولية من $NaClO_3 = 23 + 35.5 + (3 \times 16) = 106.5$ g/mol

٢ عدد المولات (mol) = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية من المادة (g/mol)}}$

مثال احسب عدد مولات $NaClO_3$ الموجودة فى عينة منه كتلتها 42.6 g

الحل عدد المولات $= \frac{42.6 \text{ g}}{106.5 \text{ g/mol}} = 0.4$ mol



مثال احسب **عدد جزيئات** غاز الأكسچين الناتجة من الانحلال الحرارى لكمية مقدارها 0.4 mol من كلورات الصوديوم $NaClO_3$ ، **تبعًا للمعادلة :**

$$2NaClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2NaCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

الحل

$$2NaClO_3 \longrightarrow 3O_2$$

2 mol   3 mol

0.4 mol   ? mol

عـــدد مـولات O_2 الناتجة $= \frac{3 \times 0.4}{2} = 0.6$ mol

عدد جزيئات $O_2 = (6.02 \times 10^{23}) \times 0.6 = 3.612 \times 10^{23}$ molecule

٤ **حجم الغاز (L) = عدد مولات الغاز (mol) × 22.4 (L/mol)** **(at STP)**

مثال **احسب حجم** 0.4 mol من غاز الأكسچين (at STP).

الحل حجم غاز $O_2 = 22.4 \times 0.4 = 8.96$ L

٥ **كثافة الغاز (g/L) = $\frac{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}{\text{22.4 (L/mol)}}$** **(at STP)**

مثال **احسب كثافة** غاز الأكسچين (at STP). [O = 16]

الحل كثافة غاز $O_2 = \frac{16 \times 2}{22.4} = 1.429$ g/L

٦ **التركيز المولارى (M) = $\frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$**

مثال **احسب التركيز المولارى** لمحلول حجمه 205 mL يحتوى على 4.1 g من ملح كلوريد الصوديوم. [Na = 23 , Cl = 35.5]

الحـل الكتلة المولية من $NaCl = 23 + 35.5 = 58.5\ g/mol$

عدد مولات $NaCl = \frac{4.1}{58.5} = 0.07\ mol$

حجم المحلول باللتر $= \frac{205}{1000} = 0.205\ L$

التركيز المولارى للمحلول $= \frac{0.07}{0.205} = 0.34\ M$

٧ النسبة المئوية الكتلية لعنصر فى مركب $(\%) = \frac{\text{كتلة العنصر فى مول من المركب (g/mol)}}{\text{الكتلة المولية للمركب (g/mol)}} \times 100\%$

مثال **احسب النسبة المئوية الكتلية** للحديد فى خام الهيماتيت «بفرض نقائه».
[Fe = 55.8 , O = 16]

الحـل

Fe_2O_3	$\longrightarrow$	$2Fe$
1 mol		2 mol
$(55.8 \times 2) + (16 \times 3) =$		$2 \times 55.8 =$
159.6 g/mol		111.6 g/mol

النسبة المئوية الكتلية للحديد فى الهيماتيت $= \frac{111.6}{159.6} \times 100\% = 69.9\%$

٨ النسبة المئوية الكتلية لمركب فى عينة غير نقية $(\%) = \frac{\text{كتلة المركب فى العينة (g)}}{\text{كتلة العينة غير النقية (g)}} \times 100\%$

مثال أُذيب 2 g من كلوريد الصوديوم (غير النقى) فى الماء وأضيف إليها وفرة من نترات الفضة فترسب 4.628 g من كلوريد الفضة، **احسب النسبة المئوية الكتلية** للكلور فى عينة كلوريد الصوديوم غير النقى.
[Na = 23 , Cl = 35.5 , Ag = 108]

الحـل

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

$AgCl$	$\xrightarrow{\text{يحتوى على}}$	Cl^-
(1 mol)		(1 mol)
143.5 g/mol		35.5 g/mol
4.628 g		? g

كتلة أيونات الكلوريد $= \frac{4.628 \times 35.5}{143.5} = 1.145\ g$

النسبة المئوية الكتلية $= \frac{1.145}{2} \times 100\% = 57.25\%$

حسابات المعايرة

١

M_b تركيز القاعدة (mol/L)
V_b حجم القاعدة (L)
n_b عدد مولات القاعدة (mol)
«من معادلة التفاعل الموزونة»

$$\frac{M_a\ V_a}{n_a} = \frac{M_b\ V_b}{n_b}$$

M_a تركيز الحمض (mol/L)
V_a حجم الحمض (L)
n_a عدد مولات الحمض (mol)
«من معادلة التفاعل الموزونة»

مثال **احسب التركيز المولارى** لمحلول هيدروكسيد الكالسيوم الذى يلزم لمعايرة 20 mL منه 25 mL من حمض هيدروكلوريك تركيزه 0.5 M

الحل

$$2HCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

2 mol (acid)   1 mol (base)

$$M_b = \frac{M_a\ V_a\ n_b}{V_b\ n_a} = \frac{0.5 \times 25 \times 1}{20 \times 2} = 0.3125\ M$$

تعيين الصيغة الجزيئية للأملاح المتهدرتة (المادة المتبلرة) بطريقة التطاير

كتلة ماء التبلر فى العينة = كتلة المادة المتهدرتة − كتلة المادة غير المتهدرتة
«قبل التسخين» «بعد التسخين و ثبات الكتلة»

	ماء التبلر	المادة غير المتهدرتة
الكتلة المولية	18 g/mol	x g/mol
عدد المولات	$\frac{\text{كتلة ماء التبلر فى العينة (g)}}{18\ g/mol}$	$\frac{\text{كتلة المادة غير المتهدرتة (g)}}{x\ g/mol}$
نسبة عدد المولات	$\frac{\text{عدد مولات ماء التبلر}}{\text{عدد المولات الأصغر}}$	$\frac{\text{عدد مولات المادة غير المتهدرتة}}{\text{عدد المولات الأصغر}}$

من العلاقة السابقة

ومن النسبة بين عدد مولات كل من (ماء التبلر و المادة غير المتهدرتة) يمكن تعيين الصيغة الجزيئية للملح المتهدرت

مثال

أوجد الصيغة الجزيئية لملح كلوريد الباريوم المتهدرت، إذا علمت أنه بعد تسخين عينة كتلتها 2.6903 g تسخينًا شديدًا، ثبتت الكتلة عند 2.2923 g

[Ba = 137 , Cl = 35.5 , O = 16 , H = 1]

الحل

الكتلة المولية من $BaCl_2 = 137 + (2 \times 35.5) = 208\ g/mol$

كتلة ماء التبلر فى العينة = $2.6903 - 2.2923 = 0.398\ g$

	ماء التبلر	المادة غير المتهدرتة
عدد المولات	$\frac{0.398\ g}{18\ g/mol} = 0.022\ mol$	$\frac{2.2923\ g}{208\ g/mol} = 0.011\ mol$
نسبة عدد المولات	$\frac{0.022\ mol}{0.011\ mol} = 2$	$\frac{0.011\ mol}{0.011\ mol} = 1$

∴ الصيغة الجزيئية لملح كلوريد الباريوم المتهدرت : $BaCl_2.2H_2O$

٢ التحليل الكتلى بطريقة الترسيب

مثال

احسب كتلة كلوريد الباريوم المذاب فى محلول كلوريد الباريوم، إذا علمت أنه عند إضافة محلول كبريتات الصوديوم إليه بوفرة، يترسب 2 g من كبريتات الباريوم.

[Ba = 137 , Cl = 35.5 , S = 32 , O = 16]

الحل

الكتلة المولية من مركب $BaCl_2 = 137 + (2 \times 35.5) = 208\ g$

الكتلة المولية من مركب $BaSO_4 = 137 + 32 + (4 \times 16) = 233\ g$

$$BaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$$

$BaCl_2$	$BaSO_4$
1 mol	1 mol
208 g/mol	233 g/mol
? g	2 g

كتلة مادة $BaCl_2$ المذابة فى محلولها = $\frac{2 \times 208}{233} = 1.785\ g$



٦ نبذات مختصرة

* **الأساس العام للكشف عن الأنيونات :**

الحمض الأكثر ثباتًا (الأعلى فى درجة الغليان) يطرد الأحماض الأقل ثباتًا فى صورة غازات يمكن التعرف عليها من ألوانها أو رائحتها أو أى خاصية مميزة أخرى.

* **مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف :**

الكربونات (CO_3^{2-})	البيكربونات (HCO_3^-)	الكبريتيت (SO_3^{2-})	الكبريتيد (S^{2-})	الثيوكبريتات $(S_2O_3^{2-})$	النيتريت (NO_2^-)

* **مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز :**

الكلوريد (Cl^-)	البروميد (Br^-)	اليوديد (I^-)	النترات (NO_3^-)

* **مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم :**

الفوسفات (PO_4^{3-})	الكبريتات (SO_4^{2-})

* **الأساس العام للكشف عن الكاتيونات :**

تقسم الكاتيونات إلى ست مجموعات تحليلية، اعتمادًا على اختلاف ذوبان أملاح فلزاتها فى الماء، وإمكانية فصلها فى صورة رواسب، **كما يتضح من الجدول التالى :**

المجموعة التحليلية	بعض كاتيوناتها	الكاشف العام	تُرسب على هيئة
الأولى	• الفضة Ag^+ (I) • الزئبق Hg^+ (I) • الرصاص Pb^{2+} (II)	حمض الهيدروكلوريك المخفف	كلوريدات
الثانية	النحاس Cu^{2+} (II)	$HCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$	كبريتيدات
الثالثة	• الألومنيوم Al^{3+} • الحديد Fe^{2+} (II) • الحديد Fe^{3+} (III)	هيدروكسيد الأمونيوم	هيدروكسيدات
الخامسة	الكالسيوم Ca^{2+}	كربونات الأمونيوم	كربونات



١ معادلات كيميائية

*** من التفاعلات التامة :**

- تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة لتكوين راسب أبيض من كلوريد الفضة.

① $NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$

- تفاعل الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك لتكوين غاز الهيدروجين.

② $Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

*** من التفاعلات الانعكاسية :** تفاعل حمض الخليك (الأسيتيك) مع الكحول الإيثيلى (الإيثانول) لتكوين إستر أسيتات (خلات) الإيثيل وماء.

③ $CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \underset{\text{عكسى}}{\overset{\text{طردى}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض الخليك — كحول إيثيلى — إستر خلات الإيثيل — ماء

*** تطبيق على قانون فعل الكتلة :**

عند إضافة محلول كلوريد الحديد (III) إلى محلول ثيوسيانات الأمونيوم – عديم اللون – يظهر لون أحمر دموى لتكون ثيوسيانات الحديد (III).

④ $FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \rightleftharpoons Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$

كلوريد الحديد (III) (أصفر باهت) — ثيوسيانات الأمونيوم (عديم اللون) — ثيوسيانات الحديد (III) (أحمر دموى) — كلوريد الأمونيوم

وعند إضافة المزيد من محلول كلوريد الحديد (III) إلى التفاعل المتزن، يزداد لون المحلول احمرارًا، دليلاً على زيادة معدل التفاعل الطردى (تكوُّن المزيد من ثيوسيانات الحديد (III)) حسب قاعدة لوشاتيليه، وعند إضافة قطرات من محلول كلوريد الأمونيوم يتحول اللون تدريجيًا حتى يصبح أصفر باهت دليلاً على زيادة معدل التفاعل العكسى (اتجاه تكوين محلول كلوريد الحديد (III)) حسب قاعدة لوشاتيليه.

* قيمة K_c **الصغيرة** لعملية ذوبان كلوريد الفضة فى الماء، تدل على أنه **شحيح الذوبان فى الماء** «**التفاعل العكسى هو السائد**».

⑤ $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ $\qquad K_c = 1.7 \times 10^{-10}$

* قيمة K_c **الكبيرة** لتفاعل غاز الهيدروچين مع غاز الكلور، لتكوين غاز كلوريد الهيدروچين تدل على أنه يصعب انحلال كلوريد الهيدروچين إلى عنصريه «**التفاعل الطردى هو السائد**».

⑥ $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ $\qquad K_c = 4.4 \times 10^{32}$

* **تبريد** تفاعل متزن **طارد للحرارة** يؤدى إلى سير التفاعل فى الاتجاه **الطردى** (الذى ينتج فيه حرارة).

⑦ $2NO_{2(g)} \underset{heating}{\overset{cooling}{\rightleftharpoons}} N_2O_{4(g)} + Heat$

ثانى أكسيد النيتروچين (بنى محمر) — رابع أكسيد النيتروچين (عديم اللون)

* **زيادة الضغط** على تفاعل غازى متزن (نقص حجمه) يجعله ينشط فى الاتجاه الذى يكون عدد مولات الغاز فيه **أقل** (والعكس صحيح).

⑧ $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{low\ pressure\ /\ heating}{\overset{high\ pressure\ /\ cooling}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$ $\qquad \Delta H = -92\ kJ$

(4 mol) عدد مولات أكبر — (2 mol) عدد مولات أقل

* حمض الهيدروكلوريك من الأحماض **القوية، تامة التأين** والتى **لا يتأثر تأينها** بالتخفيف.

⑨ $HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

* حمض الأسيتيك (الخليك) من الأحماض **الضعيفة، غير تامة التأين** والتى **يزداد تأينها** بالتخفيف.

⑩ $CH_3COOH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

* أيون الهيدروچين (البروتون) الناتج من تأين الأحماض فى محاليلها المائية يرتبط مع جزىء ماء برابطة تناسقية مكونًا **أيون هيدرونيوم (بروتون مماه)**، لذا لا يوجد أيون الهيدروچين منفردًا فى المحاليل المائية للأحماض.

⑪ $HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$



* معادلة تأين حمض الخليك (حمض ضعيف) فى الماء.

$$CH_3COOH_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

أيون أسيتات

* معادلة تأين النشادر (قاعدة ضعيفة) فى الماء.

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أيون الأمونيوم

* معادلة تأين الماء (إلكتروليت ضعيف).

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

٢ قوانين و علاقات و تطبيقات

١ قاعدة لوشاتيليه «تأثير العوامل المختلفة على اتزان التفاعلات الانعكاسية»

	التغير الحادث	تأثيره على: اتجاه إزاحة التفاعل	تأثيره على: ثابت الاتزان
تأثير تغير التركيز		يزاح التفاعل فى :	
	(١) زيادة تركيز أحد المتفاعلات المناسبة.	• الاتجاه الطردى.	• لا يتأثر.
	(٢) نقص تركيز أحد المتفاعلات المناسبة.	• الاتجاه العكسى.	• لا يتأثر.
	(٣) زيادة تركيز أحد النواتج المناسبة.	• الاتجاه العكسى.	• لا يتأثر.
	(٤) نقص تركيز أحد النواتج المناسبة.	• الاتجاه الطردى.	• لا يتأثر.
تأثير تغير درجة الحرارة		يزاح التفاعل فى :	
	(١) رفع درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة.	• الاتجاه العكسى.	• يقل.
	(٢) خفض درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة.	• الاتجاه الطردى.	• يزيد.
	(٣) رفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة.	• الاتجاه الطردى.	• يزيد.
	(٤) خفض درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة.	• الاتجاه العكسى.	• يقل.



تأثير تغير الضغط	(١) زيادة الضغط (نقص الحجم).	• يزاح التفاعل فى الاتجاه الذى يكون عدد مولات الغاز فيه أقل.	• لا يتأثر.
	(٢) خفض الضغط (زيادة الحجم).	• يزاح التفاعل فى الاتجاه الذى يكون عدد مولات الغاز فيه أكبر.	• لا يتأثر.
	(٣) زيادة أو خفض الضغط فى التفاعلات التى يكون فيها (عدد مولات الغازات المتفاعلة = عدد مولات الغازات الناتجة).	• لا يتأثر.	• لا يتأثر.
تأثير إضافة عامل حفاز	إضافة العوامل الحفازة إلى التفاعلات المتزنة	• لا يتأثر.	• لا يتأثر.

٢

التفاعل الكيميائى : $aA + bB \longrightarrow cC + dD$

يعبر عن معدله (معدل التفاعل الكيميائى) **كالتالى :**

$$\text{معدل التفاعل} = -\frac{1}{a}\frac{\Delta[A]}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{\Delta[B]}{dt} = \frac{1}{c}\frac{\Delta[C]}{dt} = \frac{1}{d}\frac{\Delta[D]}{dt}$$

حيث : • $\Delta[\;]$: تعنى التغير فى تركيز المادة.

- **dt** : تعنى التغير فى الزمن.
- **الإشارة السالبة (–)** : تعنى استهلاك المتفاعلات.

مثال

فى التفاعل : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$

احسب معدل استهلاك غاز H_2

إذا كان معدل تكوين غاز NH_3 يساوى 2.5×10^{-4} mol/L.s



الحـل

معدل التفاعل الكيميائى = $\frac{1}{2}\frac{\Delta[NH_3]}{dt} = -\frac{1}{3}\frac{\Delta[H_2]}{dt}$

∵ معدل تكوين غاز NH_3 مقدَّر فى الثانية الواحدة.

∴ $1 = dt$

$$\frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-4} = -\frac{1}{3}\Delta[H_2] =$$

∴ معدل استهلاك غاز H_2 فى الثانية = $\Delta[H_2] = -\frac{3}{2} \times 2.5 \times 10^{-4}$

$= -3.75 \times 10^{-4}$ mol/L.s

التفاعل المتزن : $aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$

يعبر عن ثابت الاتزان للتفاعل المتزن السابق بإحدى وسيلتين :

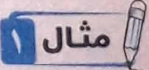
التركيز الجزيئى	الضغط الجزئى
$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$	$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$

* فى معادلة ثابت الاتزان K_c لا يُكتب تركيز :

• الماء النقى (كمذيب). • المواد الصلبة. • الرواسب.

لأن تركيزها يظل ثابتًا مهما اختلفت كميتها.

* فى معادلة ثابت الاتزان K_p : يُعبر عن الضغوط الجزئية للغازات الناتجة والمتفاعلة فقط.
* القيم **الكبيرة** لثابت الاتزان $(K_c > 1)$ تعنى أن التفاعل **الطردى** هو السائد.
* القيم **الصغيرة** لثابت الاتزان $(K_c < 1)$ تعنى أن التفاعل **العكسى** هو السائد.
* **الضغط الكلى** للتفاعل = مجموع **الضغوط الجزئية** لغازاته (والمرتبطة بعدد مولات كل غاز).



مثال ١ اكتب معادلة ثابت الاتزان K_c للتفاعلات المتزنة التالية :

(1) $2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

(2) $NH_4Cl_{(s)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + NH_{3(g)}$

الحـل

(1) $K_c = \frac{[H_2]^2 [O_2]}{[H_2O]^2}$

(2) $K_c = [HCl][NH_3]$



مثال ٢

فى التفاعل المتزن :
$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

(١) احسب ثابت الاتزان K_c للتفاعل، علمًا بأن تركيزات اليود ، الهيدروجين ، يوديد الهيدروجين عند الاتزان تساوى 0.221 M ، 0.221 M ، 1.563 M على الترتيب.

(٢) هل ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى أم العكسى ؟ مع التعليل.

(٣) احسب ثابت الاتزان K_p للتفاعل، إذا كانت ضغوط الغازات عند الاتزان 0.1 atm ، 0.1 atm ، 0.8 atm لكل من H_2 ، I_2 ، HI على الترتيب.

الحـــل

(١)
$$K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2]\,[H_2]} = \frac{(1.563)^2}{(0.221)\times(0.221)} = 50$$

(٢) ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى/ لأن قيمة $(K_c > 1)$.

(٣)
$$K_p = \frac{\left(P_{HI}\right)^2}{\left(P_{I_2}\right)\left(P_{H_2}\right)} = \frac{(0.8)^2}{(0.1)\times(0.1)} = 64$$

مثال ٣

احسب قيمة ثابت الاتزان K_p للتفاعل المتزن التالى :

$$2FeSO_{4(s)} \rightleftharpoons Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)} \text{ (at } 650^\circ C)$$

إذا علمت أن الضغط الكلى عند الاتزان لغازى SO_2 ، SO_3 يساوى 0.9 atm

الحـــل

∵ الضغط الكلى = $\left(P_{SO_2}\right) + \left(P_{SO_3}\right) = 0.9 \text{ atm}$

∵ عدد مولات SO_2 = عدد مولات SO_3 «من معادلة التفاعل».

$$\therefore \left(P_{SO_2}\right) = \left(P_{SO_3}\right) = \frac{1}{2} \times 0.9 = 0.45 \text{ atm}$$

$$K_p = \left(P_{SO_2}\right)\left(P_{SO_3}\right) = 0.45 \times 0.45 = 0.2$$

قانون استفالد

٤

* العلاقة بين درجة تأين (α) حمض ضعيف وتركيزه (C_a) بمعلومية ثابت تأينه (K_a)

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

* العلاقة بين درجة تأين (α) قاعدة ضعيفة وتركيزها (C_b) بمعلومية ثابت تأينها (K_b)

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}}$$

مثال

احسب درجة تأين حمض الهيدروسيانيك HCN تركيزه 0.1 M (at 25°C) ، علمًا بأن ثابت تأينه 7.2×10^{-10}

الحل

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} = \sqrt{\frac{7.2 \times 10^{-10}}{0.1}}$$

$$= 8.5 \times 10^{-5}$$

مثال

احسب درجة تأين محلول الأمونيا $NH_{3(aq)}$ تركيزه 0.01 M (at 25°C) ، علمًا بأن ثابت تأينه 1.8×10^{-5}

الحل

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}}{0.01}}$$

$$= 4.24 \times 10^{-2}$$

٥

* العلاقة بين تركيز أيون الهيدروجين (الهيدرونيوم H_3O^+) فى محلول حمض ضعيف وتركيزه (C_a) بمعلومية ثابت تأينه (K_a)

$$[H_3O^+] = \sqrt{C_a \times K_a}$$

* العلاقة بين تركيز أيون الهيدروكسيل (OH^-) فى محلول قاعدة ضعيفة وتركيزها (C_b) بمعلومية ثابت تأينها (K_b)

$$[OH^-] = \sqrt{C_b \times K_b}$$

مثال

احسب تركيز أيون الهيدروجين فى محلول تركيزه 0.1 M من حمض الأسيتيك (at 25°C) علمًا بأن ثابت تأينه 1.8×10^{-5}

الحل

$$[H_3O^+] = \sqrt{C_a \times K_a}$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{0.1 \times 1.8 \times 10^{-5}}$$

$$= 1.34 \times 10^{-3}\ M$$

مثال

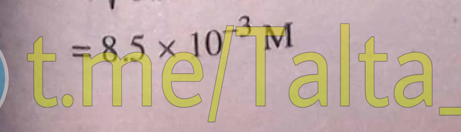
احسب تركيز أيون الهيدروكسيل فى محلول تركيزه 0.2 M من الميثيل أمين CH_3NH_2 (at 25°C) علمًا بأن ثابت تأينه 3.6×10^{-4}

الحل

$$[OH^-] = \sqrt{C_b \times K_b}$$

$$[OH^-] = \sqrt{0.2 \times 3.6 \times 10^{-4}}$$

$$= 8.5 \times 10^{-3}\ M$$



٦

* العلاقة بين تركيز أيون الهيدروجين (الهيدرونيوم H_3O^+) فى محلول حمض ضعيف وتركيزه (C_a) بمعلومية درجة تأينه (α)

$$[H_3O^+] = \alpha C_a$$

* العلاقة بين تركيز أيون الهيدروكسيل (OH^-) فى محلول قاعدة ضعيفة وتركيزها (C_b) بمعلومية درجة تأينها (α)

$$[OH^-] = \alpha C_b$$

مثال

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم فى محلول تركيزه 0.1 M من حمض الأسيتيك **علمًا بأن** درجة تأينه 1.34%

الحل

$$\alpha = \frac{1.34}{100} = 1.34 \times 10^{-2}$$

$$[H_3O^+] = \alpha C_a = 1.34 \times 10^{-2} \times 0.1 = 1.34 \times 10^{-3}\ M$$

مثال

احسب تركيز أيون الهيدروكسيل فى محلول تركيزه 0.1 M من هيدروكسيد الأمونيوم **علمًا بأن** درجة تأينه 1.27%

الحل

$$\alpha = \frac{1.27}{100} = 1.27 \times 10^{-2}$$

$$[OH^-] = \alpha C_b = 1.27 \times 10^{-2} \times 0.1 = 1.27 \times 10^{-3}\ M$$

٧

* **الحاصل الأيونى للماء (K_w)** يساوى حاصل ضرب $[H^+]$ ، $[OH^-]$ الناتجين من تأين الماء، وهو يساوى $1 \times 10^{-14}\ M$ (at 25°C).

$$K_w = [H^+][OH^-] = [10^{-7}][10^{-7}] = 10^{-14}$$

* **الأس الهيدروجينى pH** هو اللوغاريتم السالب (–log) للأساس 10 لتركيز أيونات الهيدروجين (الهيدرونيوم H_3O^+) فى المحلول.

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

* **الأس الهيدروكسيلى pOH** هو اللوغاريتم السالب (–log) للأساس 10 لتركيز أيونات الهيدروكسيل (OH^-) فى المحلول.

$$pOH = -\log [OH^-]$$

ومنها :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

* العلاقة بين قيمة pH لمحلول و قيمة pOH له :

$$pH + pOH = 14$$

مثال احسب قيمتى **pH ، pOH** لمحلول تركيزه 0.1 M من حمض الكربونيك H_2CO_3
علمًا بأن $K_a = 4.4 \times 10^{-7}$

الحل

$[H_3O^+] = \sqrt{C_a \times K_a}$

$= \sqrt{0.1 \times 4.4 \times 10^{-7}} = 2 \times 10^{-4}$ M

$pH = -\log [H_3O^+] = -\log (2 \times 10^{-4}) = 3.7$

$\because pH + pOH = 14 \qquad \therefore pOH = 14 - 3.7 = 10.3$

٨ **$K_w = K_a \times K_b$ «at 25°C»**

مثال احسب K_b للأيون $H_2PO_4^-$ علمًا بأن :

الحل

$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-} \qquad K_a = 6.2 \times 10^{-8}$

$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6.2 \times 10^{-8}} = 1.6 \times 10^{-7}$

* حاصل الإذابة (K_{sp}) لمركب أيونى شحيح الذوبان يساوى حاصل ضرب تركيز أيوناته مقدرة بوحدة mol/L (كل منها مرفوع لأس يساوى عدد مولات أيوناته فى معادلة التفاعل الموزونة).

$$A_aB_{b\,(s)} \rightleftharpoons aA^{b+}_{(aq)} + bB^{a-}_{(aq)}$$

إذا ورد فى المعطيات :

- تركيز الأيونات فى المحلول المشبع، تستخدم العلاقة :

$$K_{sp} = [A^{b+}]^a\,[B^{a-}]^b$$

- درجة إذابة الملح (x)، تستخدم العلاقة :

$$K_{sp} = [ax]^a\,[bx]^b$$

مثال

احسب حاصل الإذابة K_{sp} (at 25°C)

لملح فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$

علمًا بأن :

* تركيز أيون الكالسيوم 2×10^{-8} M

* تركيز أيون الفوسفات 1×10^{-3} M

الحل

$$Ca_3(PO_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4(aq)}$$

$$\therefore K_{sp} = [Ca^{2+}]^3 [PO_4^{3-}]^2$$

$$= (2 \times 10^{-8})^3 \times (1 \times 10^{-3})^2$$

$$= 8 \times 10^{-30}$$

مثال

احسب حاصل الإذابة K_{sp} (at 25°C)

لملح بروميد الرصاص $PbBr_2$

علمًا بأن :

درجة إذابته 1.04×10^{-2} M

الحل

$$PbBr_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

$$x\,M \qquad (2x)\,M$$

$$K_{sp} = [x][2x]^2$$

$$= (1.04 \times 10^{-2}) \times (2 \times 1.04 \times 10^{-2})^2$$

$$= 4.5 \times 10^{-6}$$

٣ تطبيقات على التحلل المائى للأملاح (التميؤ)

*** تميؤ ملح كربونات الصوديوم**

«مشتق من حمض ضعيف مع قاعدة قوية»

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} + 2H_2O_{(l)} = H_2CO_{3(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

* محلول ملح كربونات الصوديوم فى الماء **قلوى التأثير** لتراكم أيونات OH^- القاعدية فى المحلول.

* (pH > 7).

*** تميؤ ملح كلوريد الأمونيوم**

«مشتق من حمض قوى مع قاعدة ضعيفة»

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(l)} = NH_4OH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

* محلول ملح كلوريد الأمونيوم فى الماء **حامضى التأثير** لتراكم أيونات H^+ الحامضية فى المحلول.

* (pH < 7).

*** تميؤ ملح أسيتات الأمونيوم**

«مشتق من حمض ضعيف مع قاعدة ضعيفة»

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$CH_3COONH_{4(s)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + NH^+_{4(aq)}$$

$$CH_3COONH_{4(s)} + H_2O_{(l)} = CH_3COOH_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)}$$

* محلول ملح أسيتات الأمونيوم فى الماء **متعادل التأثير**، لأن تركيز أيونات H^+ الحامضية الضئيل يكافئ تركيز أيونات OH^- القاعدية.

* (pH = 7).

*** تميؤ ملح كلوريد الصوديوم**

«مشتق من حمض قوى مع قاعدة قوية»

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

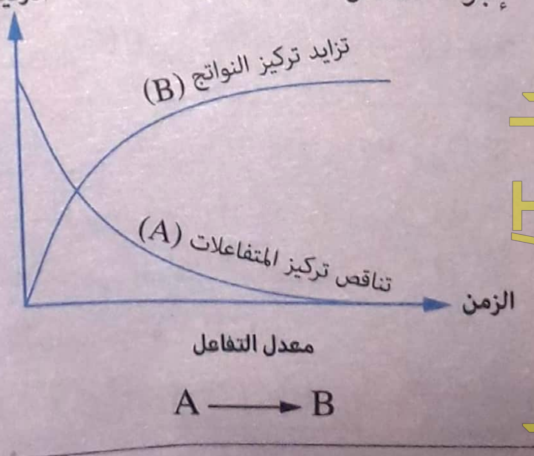
$$NaCl_{(s)} + H_2O_{(l)} = Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

* محلول ملح كلوريد الصوديوم فى الماء **متعادل التأثير**، لأن تركيز أيونات H^+ الحامضية المرتفع يكافئ تركيز أيونات OH^- القاعدية.

* (pH = 7).

٤ مقارنات

١ التفاعلات التامة	التفاعلات الانعكاسية (غير التامة)
* تفاعلات تسير فى الاتجاه الطردى غالبًا، حيث يصعب على المواد الناتجة التى تحتوى على غازات أو رواسب أن تتحد مع بعضها مرة أخرى لتكوين المواد المتفاعلة فى نفس ظروف إجراء التفاعل.	* تفاعلات تسير فى كل من الاتجاهين (الطردى و العكسى)، حيث تظل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة موجودة باستمرار فى حيز التفاعل فى نفس ظروف إجراء التفاعل.



التركيز

(A) تناقص تركيز المتفاعلات

ثبات تركيز المتفاعلات

تزايد تركيز النواتج (B)

ثبات تركيز النواتج

الزمن

اتزان التفاعل

$A \rightleftharpoons B$

التأين التام ٢	التأين الضعيف
* يتم فى الإلكتروليتات القوية.	* يتم فى الإلكتروليتات الضعيفة.
* تتحول فيه كل الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات.	* يتحول فيه جزء ضئيل من الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات.
* تنشط عملية التأين فى الاتجاه الطردى فقط.	* تنشط عملية التأين فى الاتجاه الطردى وعملية ارتباط الأيونات فى الاتجاه العكسى.
$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

تفاعلات التعادل ٣	عملية التميؤ
* تفاعل حمض وقاعدة مكونًا ملح وماء.	* عمليـة ذوبـان الملـح فى المـاء مكونـًا الحمض والقلوى المشتق منهما الملح.
$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	$NaCl_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

٥ نبذات مختصرة

١ العوامل المؤثرة فى معدل (سرعة) التفاعل الكيميائى

① طبيعة المواد المتفاعلة. ② تركيز المواد المتفاعلة. ③ درجة حرارة التفاعل.

④ الضغط (فى تفاعلات الأنظمة الغازية). ⑤ العوامل الحفازة.

⑥ الضوء.

* **معـدل تفاعـلات المركبـات الأيونيـة أسـرع من معـدل تفاعـلات المركبـات التسـاهمية،** لأن التفاعلات الأيونية تتم بين أيونات، بينما التفاعلات التساهمية تتم بين جزيئات.

* كلما ازدادت مساحة سطح المادة المعرضة للتفاعل، ازداد معدل التفاعل الكيميائى.

* كلما ازداد تركيز المواد المتفاعلة يزداد معدل التفاعل الكيميائى لزيادة عدد الجزيئات المتفاعلة وبالتالى عدد التصادمات المحتملة بينها.

* **طاقـة التنشـيط** هـى الحد الأدنـى من الطاقـة الحركية التى يجـب أن يمتلكهـا الجزىء لكى يتفاعل عند الاصطدام.

* **رفع درجة الحرارة يؤدى إلى :**
  - زيادة طاقة حركة الجزيئات، وبالتالى زيادة نسبة الجزيئات المنشطة.
  - زيادة معدل التصادمات بين الجزيئات المنشطة، وبالتالى زيادة سرعة التفاعل الكيميائى.

٢ العوامل المؤثرة فى الاتزان الكيميائى

① تركيز المواد المتفاعلة. ② الضغط الخارجى. ③ درجة حرارة التفاعل.

* **لا يؤثر العامل الحفاز على اتزان التفاعلات الانعكاسية،** لأن التغير الذى يحدثه فى معدل التفاعل الطردى يساوى التغير فى معدل التفاعل العكسى.

٣ القيمة العددية لثابت اتزان التفاعل الواحد عند نفس درجة الحرارة

* القيمة العددية لثابت الاتزان :

K_c — تركيز المواد المتفاعلة والناتجة

K_p — الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة والناتجة

لا تتغير بتغير

عند نفس درجة الحرارة

٤ لا يطبق قانون فعل الكتلة على محاليل الإلكتروليتات القوية، لأن محاليل الإلكتروليتات القوية تامة التأين، لذا فهى لا تحتوى على جزيئات غير مفككة.

٥ الماء النقى متعادل التأثير $(at\ 25^\circ C)$،

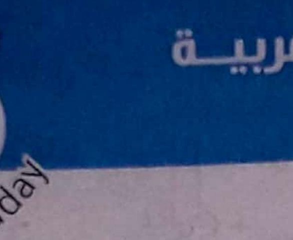
لأن $[H^+]$ المسئول عن الحامضية = $[OH^-]$ المسئول عن القاعدية = 1×10^{-7} M

٦ العلاقة بين نوع المحلول و قيمتى pH ، pOH له

المحلول	الحمضى	المتعادل	القلوى
قيمة pH	أقل من 7	تساوى 7	أكبر من 7
قيمة pOH	أكبر من 7	تساوى 7	أقل من 7

* تأثير نوع المحلول على الأدلة الكيميائية : ارجع إلى صفحة (٣٠).

الكيمياء الكهربية



١ نبذات مختصرة

١ الرمز الاصطلاحى للخلية الجلفانية

* أسلوب مختصر للتعبير عن مكونات نصفى الخلية الجلفانية والتفاعلات الحادثة فيها،

ويتم التعبير عنها كما يلى :

- **الطرف الأيسر** : يمثل نصف خلية الأنود، ويكتب فيه تفاعل الأكسدة الحادث،
ويتم الفصل بين حالتى التأكسد (قطب العنصر وأيوناته فى المحلول الإلكتروليتى) بخط مائل.
- **الطرف الأيمن** : يمثل نصف خلية الكاثود، ويكتب فيه تفاعل الاختزال الحادث،
ويتم الفصل بين حالتى التأكسد (أيونات العنصر فى المحلول الإلكتروليتى وقطبه) بخط مائل.
- ويتم الفصل بين الطرفين بـ :
خطين متوازيين مائلين // فى حالة استخدام القنطرة الملحية
أو خط رأسى متقطع ⁞ فى حالة استخدام الحاجز المسامى.

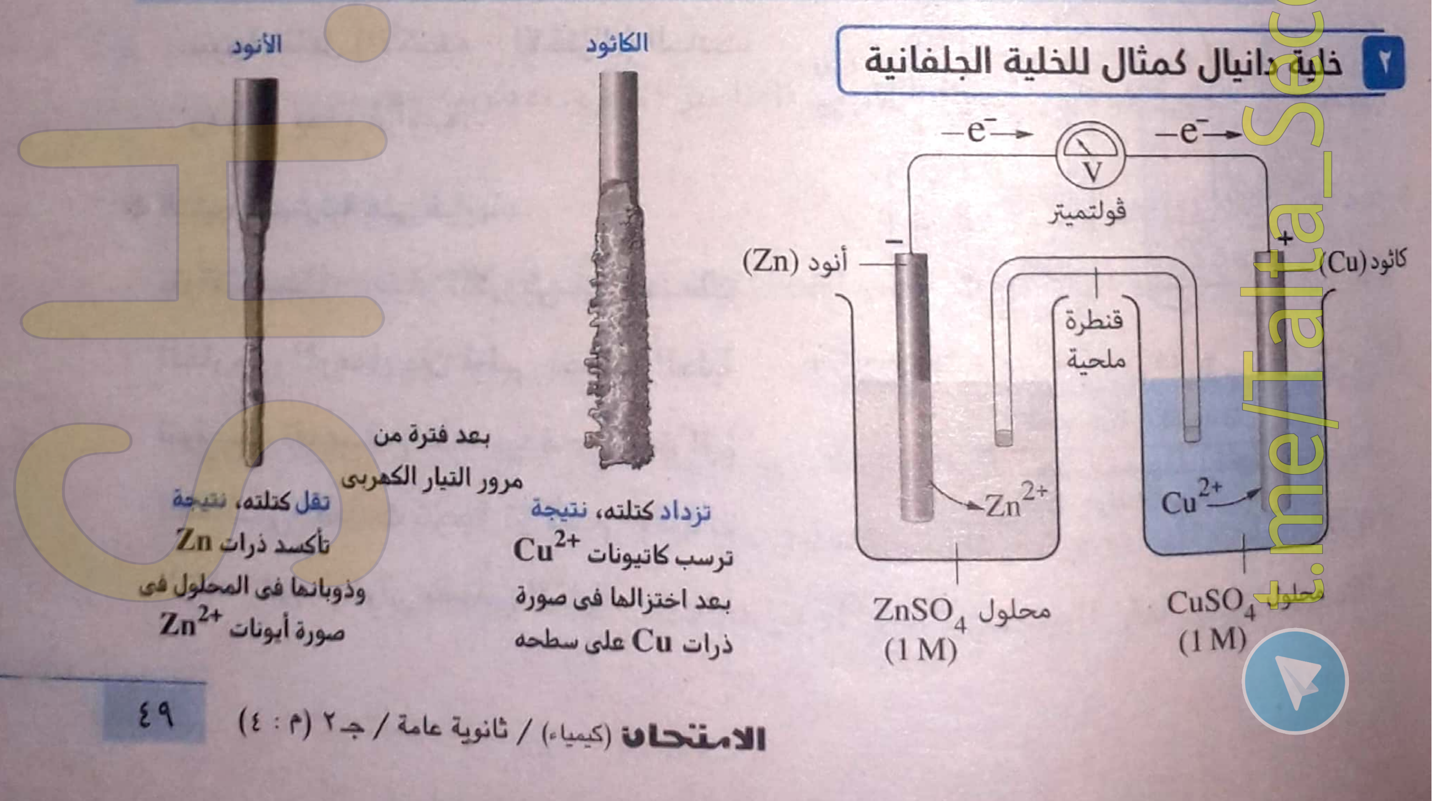
الحاجز المسامى فى الخلية الجلفانية يقوم بدور القنطرة الملحية.

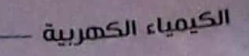
مثال : الخلية الجلفانية التى يحدث فيها التفاعلين التاليين :

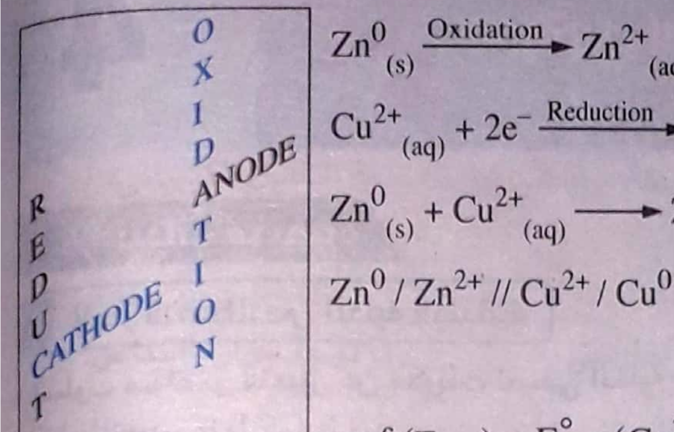
* $Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ «تفاعل الأكسدة»
* $2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag^0_{(s)}$ «تفاعل الاختزال»

يُعبر عنها بالرمز الاصطلاحى التالى : $Fe^0 / Fe^{2+} // 2Ag^+ / 2Ag^0$

٢ خلية دانيال كمثال للخلية الجلفانية







* تفاعل الأنود (تفاعل أكسدة) : $Zn^0_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

* تفاعل الكاثود (تفاعل اختزال) : $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} Cu^0_{(s)}$

* التفاعل الكلى : $Zn^0_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu^0_{(s)}$

* الرمز الاصطلاحى : $Zn^0 / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu^0$

* القوة الدافعة الكهربية :

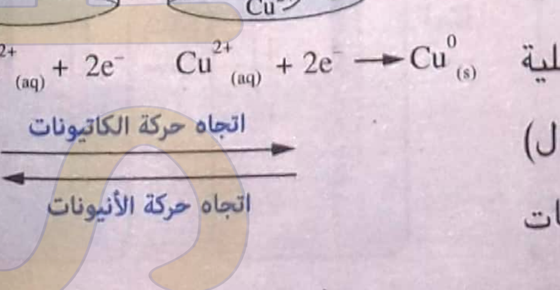
$$emf\ (E_{cell}) = E^{\circ}_{red}(Cu^{2+}) - E^{\circ}_{red}(Zn^{2+})$$
$$= 0.34 - (-0.76) = 1.1\ V$$

٢ القنطرة الملحية فى الخلية الجلفانية

❖ **تركيبها :** القنطرة الملحية عبارة عن أنبوبة زجاجية على هيئة حرف U مقلوب، تملأ بمحلول إلكتروليتى مثل كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 «مذاب فى مادة چيلاتينية» ولا تتفاعل أيونات هذا المحلول الإلكتروليتى مع أيونات محلولى نصفى الخلية، ولا مع قطبيها.

❖ **أهميتها :**

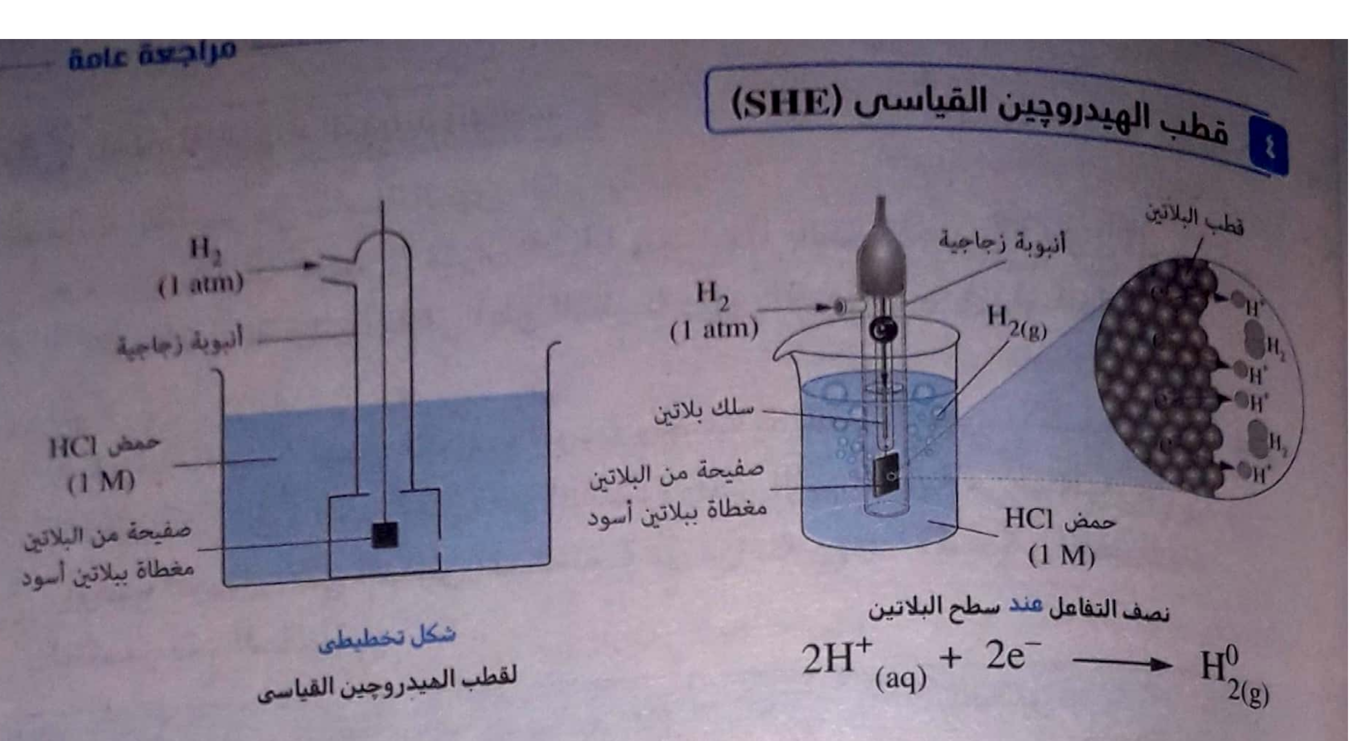
- توصيل محلولى نصفى الخلية بطريقة غير مباشرة.
- معادلة الكاتيونات والأنيونات الزائدة المتكونة فى محلولى نصفى الخلية، نتيجة تفاعل (الأكسدة - الاختزال) الحادث، وهو ما يمنع تراكمها.



❖ **النتيجة المترتبة على غيابها :**

يتوقف مرور التيار الكهربى فى السلك الخارجى الموصل بين قطبى نصفى الخلية لتوقف تفاعل (الأكسدة - الاختزال) التلقائى الحادث نتيجة تراكم الأيونات الزائدة فى محلولى نصفى الخلية.

٤ قطب الهيدروچين القياسى (SHE)



نصف التفاعل عند سطح البلاتين

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H^0_{2(g)}$$

شكل تخطيطى
لقطب الهيدروچين القياسى

❖ **تركيبه :**

يتركب من صفيحة من البلاتين مساحة سطحها $1\ cm^2$ مغطاة بطبقة إسفنجية من البلاتين الأسود المجزأ، مغمورة جزئيًا فى محلول يكون تركيز أيونات الهيدروچين فيه (1 M) (at 25°C) ، ويمرر عليها تيار من غاز الهيدروچين تحت ضغط ثابت مقداره 1 atm

❖ **الرمز الاصطلاحى لنصف خلية الهيدروچين القياسية :**

- عندما يستخدم كأنود : $Pt + H_{2(g)}\ (1\ atm) / 2H^+_{(aq)}\ (1\ M)$
- عندما يستخدم ككاثود : $2H^+_{(aq)}\ (1\ M) / Pt + H_{2(g)}\ (1\ atm)$

❖ **أهميته :**

يستخدم فى تعيين الجهود المجهولة لأقطاب العناصر الأخرى بمعلومية جهده.

❖ **جهد قطب الهيدروچين القياسى :**

جهد أيًا من الأكسدة أو الاختزال لقطب الهيدروچين فى الظروف القياسية يساوى zero

❖ **متى يتغير جهد قطب الهيدروچين عن zero ؟**

يتغير جهد قطب الهيدروچين عن zero عند تغير درجة الحرارة عن 25°C وبالتالى يتغير :

- تركيز أيونات الهيدروچين $[H^+]$ فى المحلول عن 1 M
- الضغط الجزئى لغاز الهيدروچين (P_{H_2}) عن 1 atm



٥ سلسلة الجهود الكهربية للعناصر

* ترتب العناصر فى سلسلة الجهود الكهربية :

• تنازليًا بالنسبة لجهود الاختزال السالبة وتصاعديًا بالنسبة لجهود الاختزال الموجبة، بحيث تكون أكبر القيم السالبة فى أعلى السلسلة وأكبر القيم الموجبة فى أسفلها.

أو

• تنازليًا بالنسبة لجهود الأكسدة الموجبة وتصاعديًا بالنسبة لجهود الأكسدة السالبة، بحيث تكون أكبر القيم الموجبة فى أعلى السلسلة وأكبر القيم السالبة فى أسفلها.

ويوضح الجدول الآتى الحقائق المستخلصة من دراسة جهود الأكسدة و الاختزال لعناصر هذه السلسلة :

الحقيقة	التطبيق
(١) **الأكسدة** هى عملية **فقد** إلكترونات يتبعها **زيادة** فى عدد تأكسد العنصر.	$Na^0_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Na^+_{(aq)} + e^-$ $Fe^{2+} \xrightarrow{Oxidation} Fe^{3+} + e^-$
(٢) **الاختزال** هى عملية **اكتساب** إلكترونات يتبعها **نقص** فى عدد تأكسد العنصر.	$Cl^0_{2(g)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} 2Cl^-_{(aq)}$ $Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \xrightarrow{Reduction} Cr^0_{(s)}$
(٣) جهد الأكسدة القياسى E°_{oxid} للعنصر **يساوى** جهد الاختزال القياسى E°_{red} **بإشارة مخالفة.**	$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{oxid} = +0.76\ V$ $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn^0_{(s)}$ $E^\circ_{red} = -0.76\ V$
(٤) **عناصر مقدمة السلسلة :** * قيم جهود اختزالها سالبة. * قيم جهود أكسدتها موجبة. * يسهل تأكسدها، لأنها تفقد إلكترونات تكافؤها بسهولة عندما تدخل فى تفاعل مع أيونات أى عنصر يحتل مكانة أدنى فى السلسلة. * تعتبر عوامل مختزلة قوية. * قوة العامل المختزل تزداد بزيادة جهد أكسدته.	$Li^0_{(s)} \longrightarrow Li^+_{(aq)} + e^-$ $E^\circ_{oxid} = +3.04\ V$ $Na^0_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + e^-$ $E^\circ_{oxid} = +2.71\ V$ الليثيوم عامل مختزل **أقوى** من الصوديوم **لأن جهد أكسدته أكبر**

(٥) عناصر مؤخرة السلسلة : * قيم جهود اختزالها موجبة. * قيم جهود أكسدتها سالبة. * يسهل اختزالها، لأنها ذات قدرة أكبر على اكتساب الإلكترونات عندما تدخل فى تفاعل مع أى عنصر يحتل مكانة أعلى فى السلسلة. * تعتبر عوامل مؤكسدة قوية. * قوة العامل المؤكسد تزداد بزيادة جهد اختزاله.	$F_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2F^-_{(aq)}$ $E^\circ_{red} = +2.87\ V$ $Cl_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-_{(aq)}$ $E^\circ_{red} = +1.36\ V$ الفلور عامل مؤكسد أقوى من الكلور لأن جهد اختزاله أكبر
(٦) عناصر مقدمة السلسلة تحل محل العناصر التى تليها - فى سلسلة الجهود الكهربية - فى محاليل أملاحها.	$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{oxid} = +0.76\ V$ $Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{oxid} = +0.44\ V$ $Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{oxid} = -0.34\ V$ يحل Zn أو Fe محل Cu فى محاليل أملاحه ولا يحدث العكس. $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$ $Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)} \longrightarrow$ لا يحدث تفاعل تلقائى
(٧) كلما زاد **البُعد** فى الترتيب بين العنصرين اللذين سيتم بينهما الإحلال، كلما زادت قدرة العنصر **المتقدم** على طرد العنصر **المتأخر** من محاليل أملاحه.	«بدلالة جهود الأكسدة الموضحة فى الخانة السابقة» قدرة Zn على الإحلال محل Cu فى محاليل أملاحه تفوق قدرة Fe
(٨) العناصر التى **تسبق الهيدروجين** فى السلسلة (جهود أكسدتها بإشارة موجبة وجهود اختزالها بإشارة سالبة) يمكنها **الإحلال** محل أيونات H^+ فى محاليل الأحماض، ليتصاعد غاز الهيدروجين.	$Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{oxid} = +0.44\ V$ $Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{oxid} = -0.34\ V$ $2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H^0_{2(g)}$ $E^\circ_{red} = zero$ يحل Fe محل أيونات H^+ فى حمض الهيدروكلوريك، فى حين لا يحل Cu محله Oxidation $Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$ Reduction

(٩) في الخلايا الجلفانية، تتم عملية **الأكسدة** في نصف الخلية ذات **جهد الأكسدة الأكبر** (جهد الاختزال الأصغر) **لتعمل كنصف خلية الأنود،** بينما تتم عملية **الاختزال** في نصف الخلية ذات **جهد الاختزال الأكبر** (جهد الأكسدة الأصغر) **لتعمل كنصف خلية الكاثود.**	$Ag^0_{(s)} \longrightarrow Ag^+_{(aq)} + e^-$ $E^\circ = -0.8\ V$ $Co^0_{(s)} \longrightarrow Co^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ = +0.28\ V$ ∵ جهد أكسدة Co > جهد أكسدة Ag ∴ تعمل : • نصف خلية الكوبلت **كأنود.** • نصف خلية الفضة **ككاثود.** $Co^0_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \longrightarrow Co^{2+}_{(aq)} + 2Ag^0_{(s)}$

٦ خلية الزئبق



* **النوع** : خلية جلفانية أولية.
* **الأنود** : الخارصين Zn
* **الكاثود** : أكسيد الزئبق HgO والجرافيت.
* **الإلكتروليت** : هيدروكسيد البوتاسيوم KOH
* **التفاعل الكلي** :

$$Zn^0_{(s)} + HgO_{(s)} \longrightarrow ZnO_{(s)} + Hg^0_{(l)}$$

(أكسدة: $Zn^0 \rightarrow ZnO$ ، اختزال: $HgO \rightarrow Hg^0$)

* **القوة الدافعة الكهربية (emf)** : 1.35 V
* **الاستخدام** : نظرًا لصغر حجمها، فإنها شائعة الاستخدام في :
  • سماعات الأذن. • الساعات. • كاميرات التصوير.
* **احتياطات ما بعد الاستخدام** : يلزم التخلص من خلية الزئبق بطريقة آمنة بعد استخدامها وذلك لاحتوائها على مادة الزئبق السامة.

٧ خلية الوقود

* **النوع** : خلية جلفانية أولية.
* **التركيب** : تتركب من قطبين، كل منهما على هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامى، للسماح بالاتصال بين ما بداخل الوعاء والإلكتروليت.
* **الوقود** : غازى H_2 ، O_2 من مصدر خارجى.
* **الإلكتروليت** : محلول مائى ساخن من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

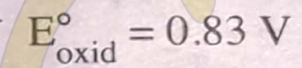
H_2 ، O_2 ، e^- ، الأنود ، الكاثود ، الإلكتروليت ، OH^- ، K^+

وعاء مجوف مبطن بالكربون المسامى

شكل مجسم لخلية الوقود
(للإيضاح فقط)

* **تفاعل الأنود** :

$$2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4H_2O_{(v)} + 4e^- \quad E^\circ_{oxid} = 0.83\ V$$



* **تفاعل الكاثود** :

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)} \quad E^\circ_{red} = 0.4\ V$$

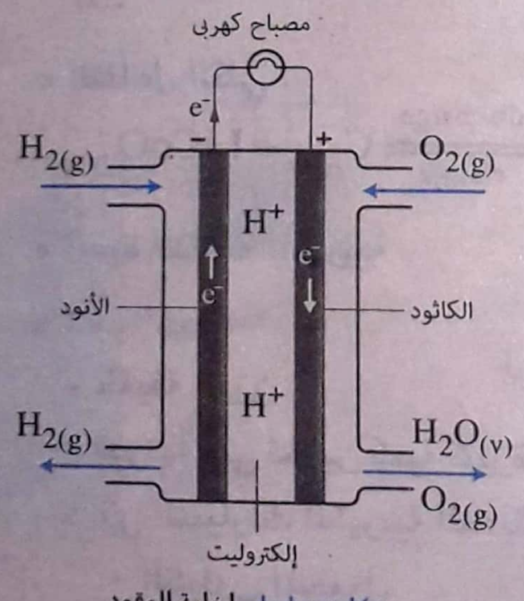
* **التفاعل الكلى** :

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)} \quad E_{cell} = 1.23\ V$$

* **القوة الدافعة الكهربية (emf)** :

$$emf_{cell} = 0.83 + 0.4 = 1.23\ V$$

* **المميزات** :
  - لا تستهلك مكوناتها – كباقى الخلايا الجلفانية – لأنها تزود بالوقود من مصدر خارجى.
  - يمكن إعادة تكثيف الماء الناتج عنها، لاستخدامه كمياه للشرب وخاصةً بالنسبة لرواد الفضاء.



شكل تخطيطى لخلية الوقود

* **العيوب** :

لا تختزن الطاقة التى تنتجها، لأن عملها يتطلب الإمداد المستمر بالوقود والإزالة المستمرة للنواتج.

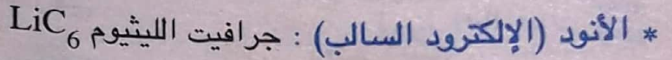
٨ بطارية أيون الليثيوم

* **النوع** : خلية جلفانية ثانوية.

* **التركيب** : تتركب من غلاف معدنى يحيط برقائق ملفوفة بشكل حلزونى، وهى الأنود والكاثود وبينهما عازل وجميعها تكون مغمورة فى الإلكتروليت.

تركيب بطارية أيون الليثيوم

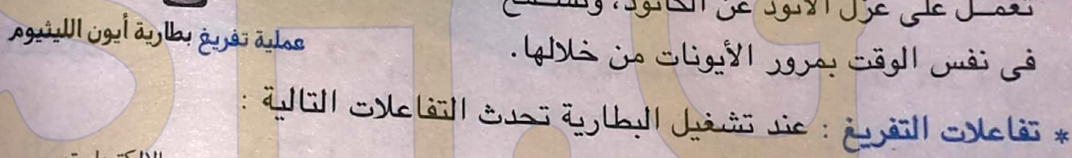
* **الإلكتروليت** : محلول لامائى من سداسى فلوروفوسفيد الليثيوم $LiPF_6$



* **الأنود (الإلكترود السالب)** : جرافيت الليثيوم LiC_6

* **الكاثود (الإلكترود الموجب)** : أكسيد الليثيوم كوبلت $LiCoO_2$

عملية تفريغ بطارية أيون الليثيوم



* **العازل** : شريحة رقيقة جدًا من البلاستيك، تعمل على عزل الأنود عن الكاثود، وتسمح فى نفس الوقت بمرور الأيونات من خلالها.

* **تفاعلات التفريغ** : عند تشغيل البطارية تحدث التفاعلات التالية :

• **تفاعل الأنود :**

$$LiC_{6(s)} \xrightarrow{Oxidation} C_{6(s)} + Li^+_{(aq)} + e^-$$

• **تفاعل الكاثود :**

$$CoO_{2(s)} + Li^+_{(aq)} + e^- \xrightarrow{Reduction} LiCoO_{2(s)}$$

* **التفاعل الكلى :**

$$LiC_{6(s)} + CoO_{2(s)} \underset{charge}{\overset{discharge}{\rightleftharpoons}} C_{6(s)} + LiCoO_{2(s)}$$

عملية شحن بطارية أيون الليثيوم

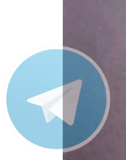
* **القوة الدافعة الكهربية** : $E_{cell} = 3\ V$

* **المميزات :**

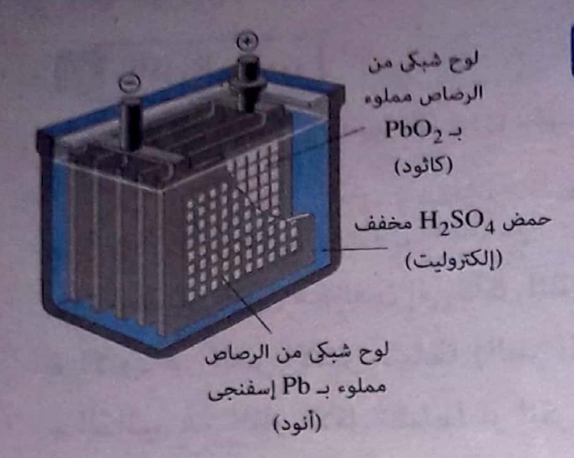
• خفيفة الوزن.

• قدرتها على تخزين كمية كبيرة من الطاقة مقارنةً بحجمها، لذا تستخدم كبديل لمركم الرصاص فى السيارات الكهربية الحديثة، بالإضافة إلى استخدامها كبطاريات فى أجهزة :

– التليفون المحمول.
– الكمبيوتر المحمول.



٩ بطارية الرصاص الحامضية (مركم الرصاص)



مركم الرصاص

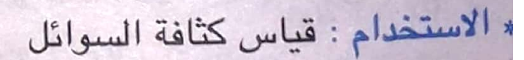
* **النوع** : خلية جلفانية ثانوية.
* **الإلكتروليت** : حمض الكبريتيك المخفف H_2SO_4
* **الأنود** : شبكة من الرصاص مملوءة برصاص إسفنجى Pb
* **تفاعل الأنود** :

$$Pb_{(s)} + SO^{2-}_{4(aq)} \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2e^-$$

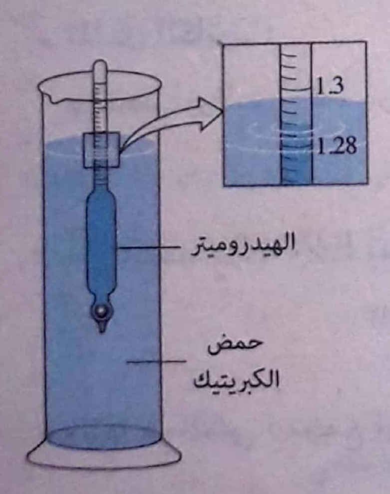
* **الكاثود** : شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثانى أكسيد الرصاص PbO_2
* **تفاعل الكاثود** : $PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} + 2e^- \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$
* **تفاعل التفريغ** : $Pb^0_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)} \xrightarrow{discharge} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$
* **تفاعل الشحن** : $2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \xrightarrow{charge} Pb^0_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)}$
* **التفاعل الكلى** :

$$Pb^0_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)} \underset{charge}{\overset{discharge}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

* **جهد الخلية الواحدة** : $E_{cell} = E^\circ_{oxid} + E^\circ_{red} = 0.36 + 1.69 = 2\ V$
* **القوة الدافعة الكهربية للبطارية** : $emf_{Battery} = 2 \times 6 = 12\ V$



١٠ الهيدروميتر



* **الاستخدام** : قياس كثافة السوائل (مثل حمض الكبريتيك الموجود فى مركم الرصاص).

عندما تكون كثافة حمض الكبريتيك فى مركم الرصاص :

- من 1.3 g/mL : 1.28 g/mL **فهذا معناه أن البطارية** كاملة الشحن.
- أقل من 1.2 g/mL **فهذا معناه أن البطارية** فى حاجة إلى إعادة الشحن، لزيادة تركيز الحمض.

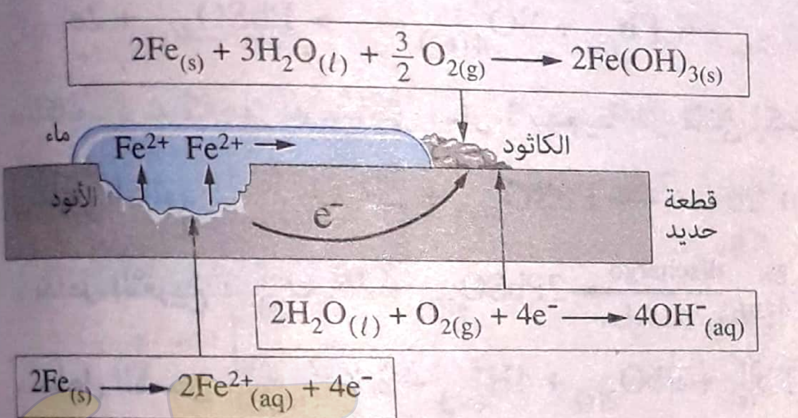
١١ تآكل المعادن

الفكرة العامة

يرجع تآكل معظم المعادن الصناعية – كالحديد الصلب – إلى اختلاطها بالشوائب حيث تؤدى الملامسة بين فلزين مختلفين إلى **تآكل الفلز الأنشط**، لتكون **خلية جلفانية موضعية**، **يكون فيها** :

- **الأنود** هو الفلز الأكثر نشاطًا (الفلز الذى سيتآكل).
- **الكاثود** هو الفلز الأقل نشاطًا أو الكربون الموجود فى صورة شوائب.

ميكانيكية التآكل



ميكانيكية تآكل الحديد الصلب

عند حدوث كسر أو تشقق فى قطعة حديد، فإنها تكون **خلية جلفانية**، **يكون فيها** :

* **الإلكتروليت** : الماء المذاب فيه بعض الأملاح (الأيونات).
* **الأنود** : قطعة الحديد.
* **تفاعل الأنود** :

$$2Fe_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^- \quad .... (1)$$

وتنتقل : • أيونات Fe^{2+} إلى الإلكتروليت، لتصبح جزءً منه.
• الإلكترونات إلى الكاثود خلال قطعة الحديد.
(أى أن قطعة الحديد تقوم بدور كل من الأنود والدائرة الخارجية).

* **الكاثود** : شوائب الكربون الموجودة فى الحديد.
* **تفاعل الكاثود** :

$$2H_2O_{(l)} + O_{2(g)} + 4e^- \xrightarrow{Reduction} 4OH^-_{(aq)} \quad .... (2)$$

- تتحد أيونات Fe^{2+} من المعادلة (1) مع أيونات OH^- من المعادلة (2) :

$$2Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{2(s)} \quad .... (3)$$

- **يتأكسد** $Fe(OH)_2$ بفعل الأكسچين الذائب فى الماء.

$$2Fe(OH)_{2(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)} \quad .... (4)$$

* **التفاعل الكلى** : بجمع المعادلات الأربعة السابقة :

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

❖ طرق وقاية الحديد من التآكل :

تتم حماية الحديد من التآكل بعزله عن الوسط المحيط، ويتم ذلك بإحدى طريقتين، هما :

① **الطلاء بمادة عضوية** مثل الزيت أو الورنيش أو السلاقون.

② **التغطية بفلز مقاوم للتآكل** ويتم ذلك بإحدى صورتين، هما :

- الغطاء الكاثودى.
- الغطاء الأنودى.

الغطاء الكاثودى

* تتم فى عملية الحماية الكاثودية تغطية الفلز المراد حمايته من الصدأ، بفلز آخر **أقل منه نشاطًا**، كطلاء الحديد المستخدم فى صناعة معلبات المأكولات المحفوظة **بالقصدير**.

عيب الغطاء الكاثودى :

عند حدوث خدش فى طبقة الغطاء الكاثودى (طبقة القصدير التى تغطى الحديد)، يصدأ الحديد بشكل أسرع من صدأ الحديد غير المطلى لتكون خلية جلفانية،

يكون فيها :

- الأنود هو الحديد (الفلز الأكثر نشاطًا).
- الكاثود هو القصدير (الفلز الأقل نشاطًا).

الغطاء الأنودى

* تتم فى عملية الحماية الأنودية تغطية الفلز المراد حمايته، بفلز آخر **أكثر منه نشاطًا** كطلاء الحديد **بالخارصين**.

ميزة الغطاء الأنودى :

عند حدوث خدش فى طبقة الغطاء الأنودى، فإن الحديد لا يبدأ فى التآكل إلا بعد تآكل طبقة الغطاء الأنودى (الخارصين) بالكامل، وهو ما يستغرق زمنًا طويلًا جدًا، وذلك لتكون خلية جلفانية،

يكون فيها :

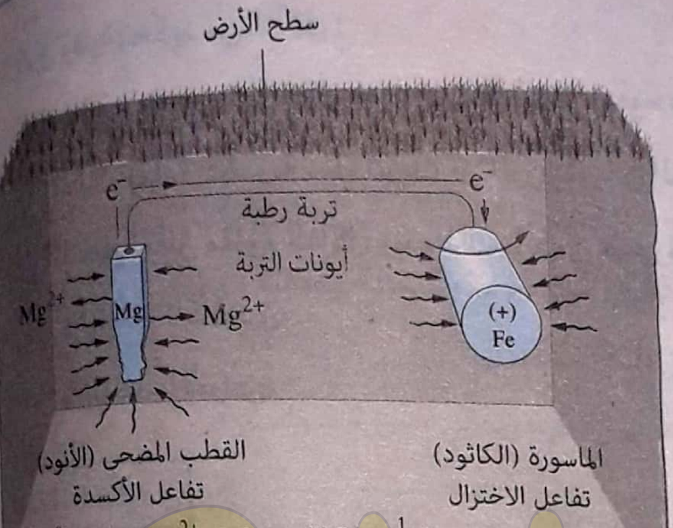
- الكاثود هو الحديد (الفلز الأقل نشاطًا).
- الأنود هو الخارصين (الفلز الأكثر نشاطًا) ويسمى **بالقطب المضحى**.



القطب المضحى

* مواسير الحديد المدفونة فى التربة الرطبة وهياكل السفن دائمة الاتصال بالماء المالح، تكون أكثر عرضة للتآكل.
* ولحمايتها من التآكل يتم توصيل المواسير (أو هياكل السفن) بفلز آخر أكثر نشاطًا كالماغنسيوم فتعمل المواسير (أو هياكل السفن) ككاثود والماغنسيوم كأنود.

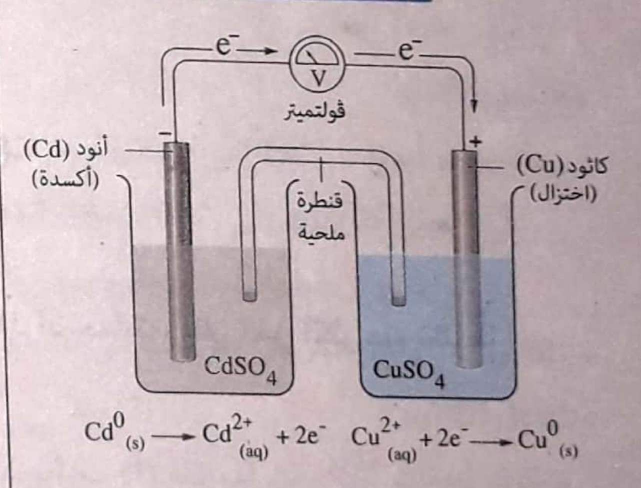
وهو ما يؤدى إلى تآكل الماغنسيوم بدلًا من الحديد، لذا يطلق عليه مصطلح القطب المضحى.



توصيل مواسير حديد مدفونة فى التربة الرطبة بقطب مضحى من الماغنسيوم

(المعادلات للإيضاح فقط)

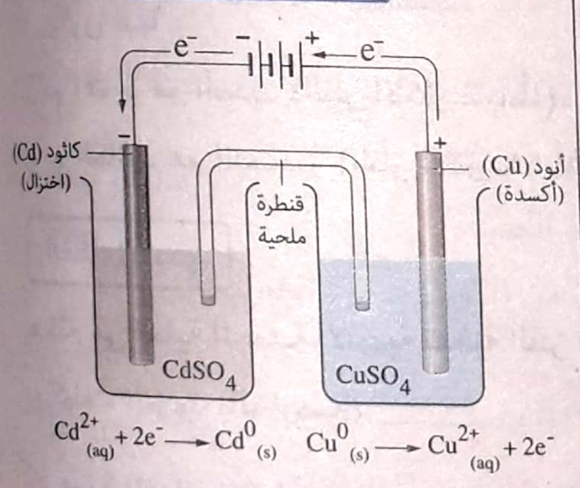
١٢ الخلية الجلفانية



$Cd^0_{(s)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$

تفاعل (أكسدة - اختزال) **تلقائى**، يمكن الحصول منه على طاقة كهربية

١٣ الخلية التحليلية



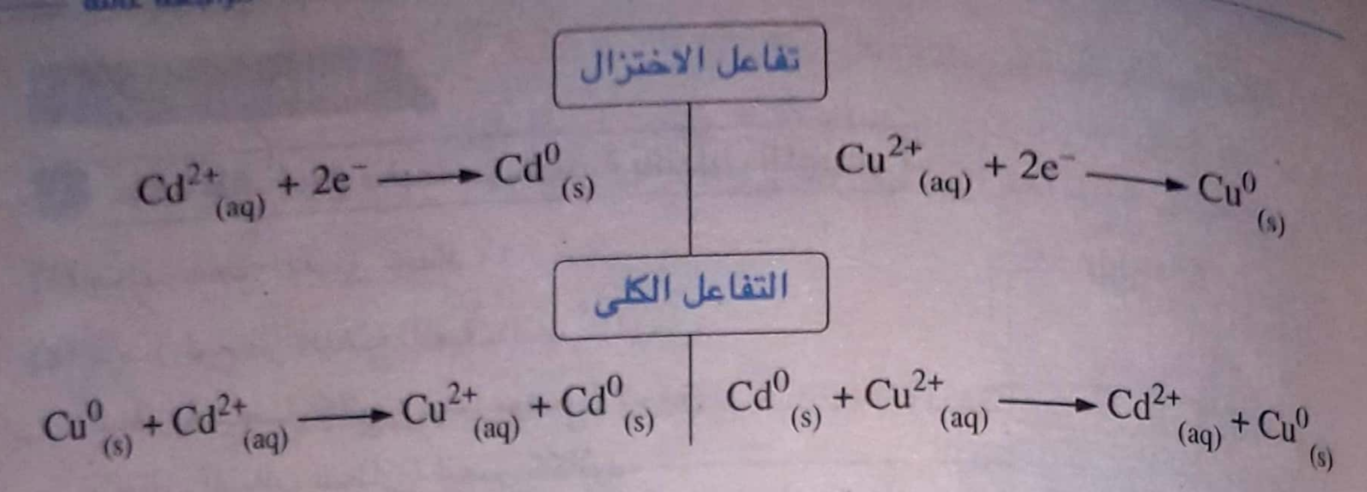
$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd^0_{(s)}$ $Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

تفاعل (أكسدة - اختزال) **غير تلقائى**، يمكن إحداثه باستخدام مصدر خارجى للتيار الكهربى

تفاعل الأكسدة

$Cd^0_{(s)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

$Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$



تفاعل الاختزال

$$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd^0_{(s)}$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$$

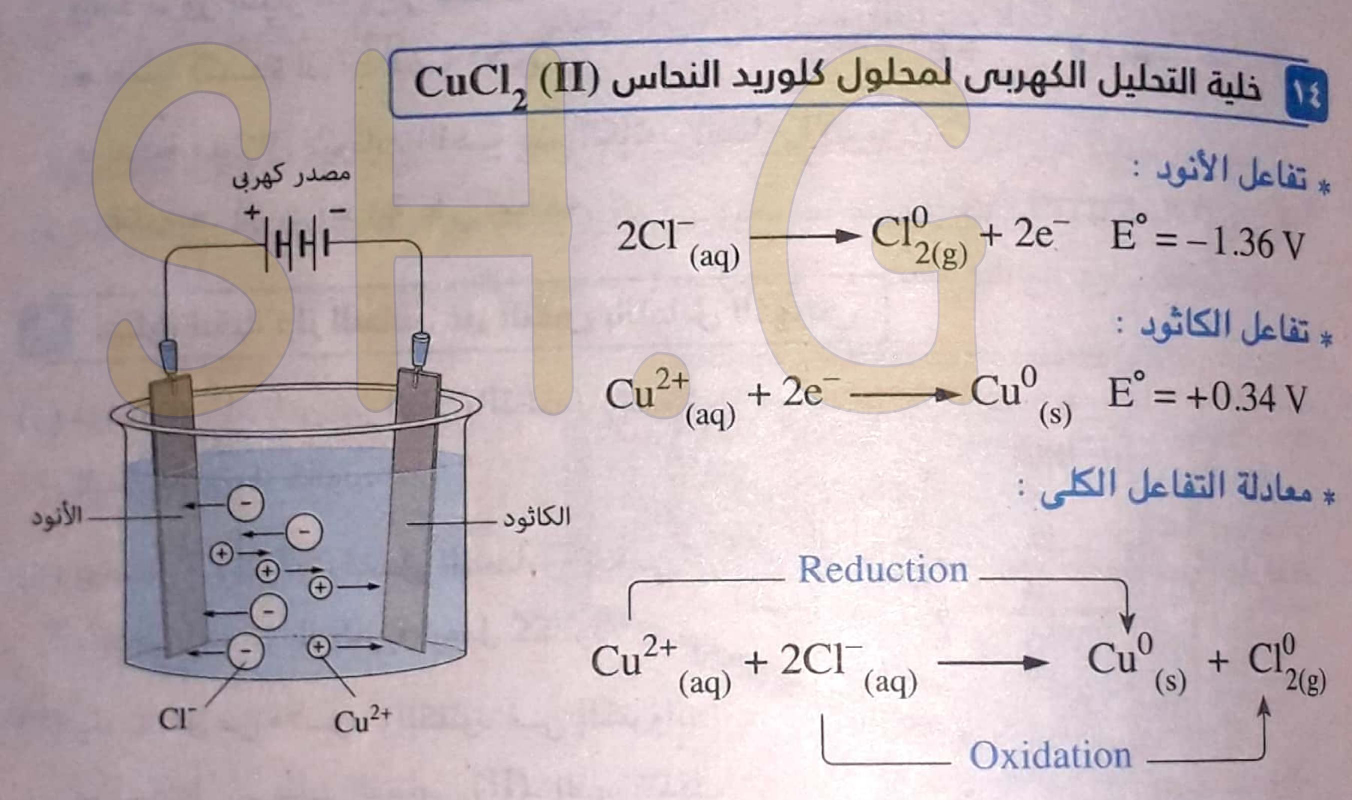
التفاعل الكلى

$$Cu^0_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + Cd^0_{(s)}$$

$$Cd^0_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + Cu^0_{(s)}$$

* عند توصيل قطبى خلية جلفانية بمصدر للتيار الكهربى المستمر، جهده **أكبر قليلًا** من الجهد الناتج عن الخلية الجلفانية، يحدث تفاعل عكس التفاعل التلقائى حيث يتحول تفاعل الأكسدة إلى اختزال وتفاعل الاختزال إلى أكسدة.

١٤ خلية التحليل الكهربى لمحلول كلوريد النحاس (II) $CuCl_2$



* **تفاعل الأنود :**

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^0_{2(g)} + 2e^- \quad E^\circ = -1.36\ V$$

* **تفاعل الكاثود :**

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)} \quad E^\circ = +0.34\ V$$

* **معادلة التفاعل الكلى :**

Reduction

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cu^0_{(s)} + Cl^0_{2(g)}$$

Oxidation

* **جهد الخلية :** مجموع جهدى الأكسدة والاختزال لنصفى الخلية

$$emf = -1.36 + 0.34 = -1.02\ V$$

«الإشارة السالبة لجهد الخلية تعنى أن التفاعل **لا يتم تلقائيًا** ولكنه يتم باستخدام طاقة كهربية من مصدر خارجى».

تجارب علمية

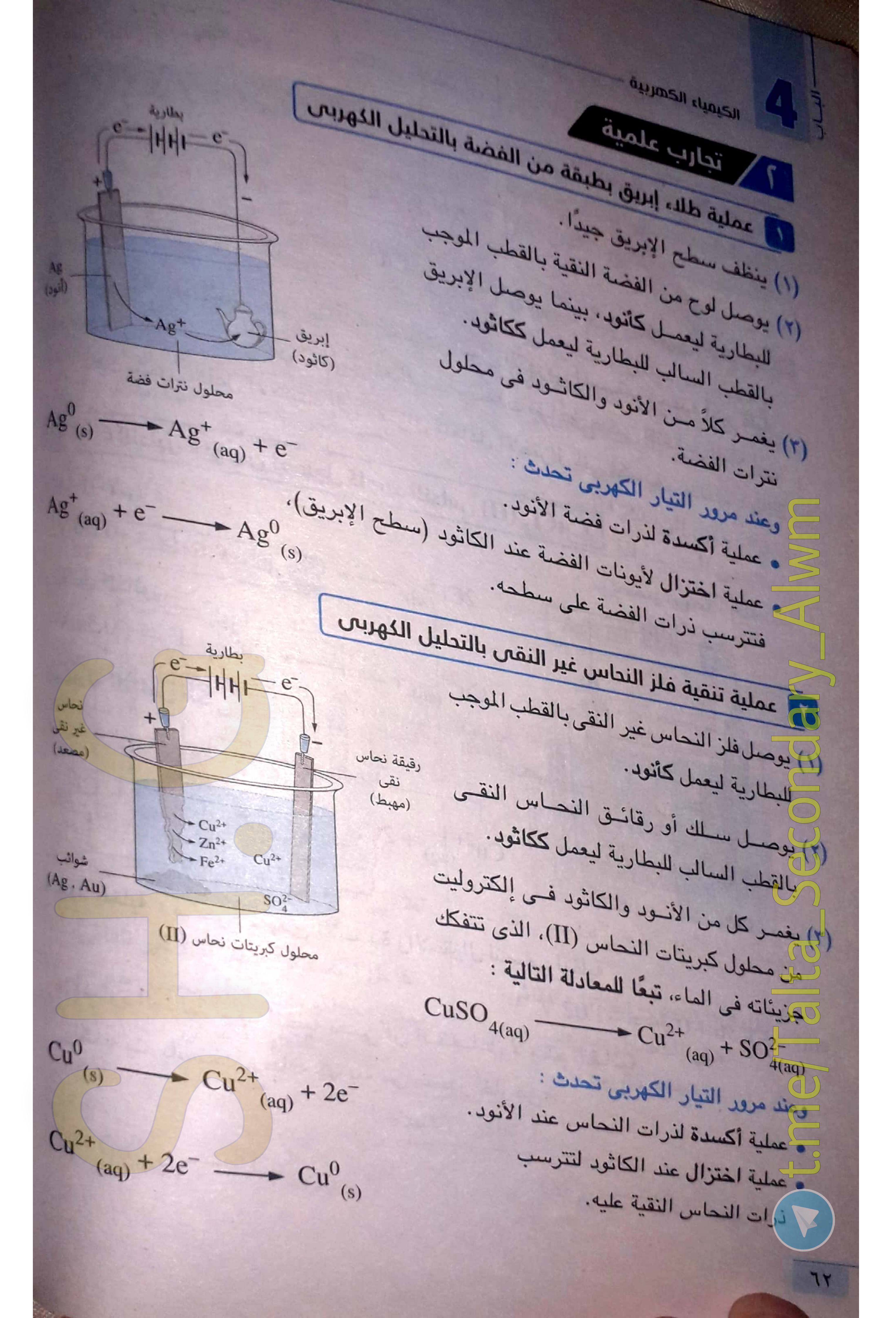
٢ تجارب علمية بالتحليل الكهربى

١ عملية طلاء إبريق بطبقة من الفضة بالتحليل الكهربى

(١) ينظف سطح الإبريق جيدًا.

(٢) يوصل لوح من الفضة النقية بالقطب الموجب للبطارية ليعمل كأنود، بينما يوصل الإبريق بالقطب السالب للبطارية ليعمل ككاثود.

(٣) يغمر كلاً من الأنود والكاثود فى محلول نترات الفضة.



وعند مرور التيار الكهربى تحدث :

- عملية أكسدة لذرات فضة الأنود.

$$Ag^0_{(s)} \longrightarrow Ag^+_{(aq)} + e^-$$

- عملية اختزال لأيونات الفضة عند الكاثود (سطح الإبريق)، فتترسب ذرات الفضة على سطحه.

$$Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag^0_{(s)}$$

٢ عملية تنقية فلز النحاس غير النقى بالتحليل الكهربى

(١) يوصل فلز النحاس غير النقى بالقطب الموجب للبطارية ليعمل كأنود.

(٢) يوصل سلك أو رقائق النحاس النقى بالقطب السالب للبطارية ليعمل ككاثود.

(٣) يغمر كل من الأنود والكاثود فى إلكتروليت من محلول كبريتات النحاس (II)، الذى تتفكك جزيئاته فى الماء، تبعًا للمعادلة التالية :

$$CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

عند مرور التيار الكهربى تحدث :

- عملية أكسدة لذرات النحاس عند الأنود.

$$Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

- عملية اختزال عند الكاثود لتترسب ذرات النحاس النقية عليه.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$$

- أما الشوائب الموجودة فى مادة الأنود، فإن :
- بعضها (مثل الخارصين والحديد) يتأكسد ويذوب فى المحلول.
وذلك لصغر جهود اختزالهما مقارنةً بجهد اختزال Cu^{2+}

$$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

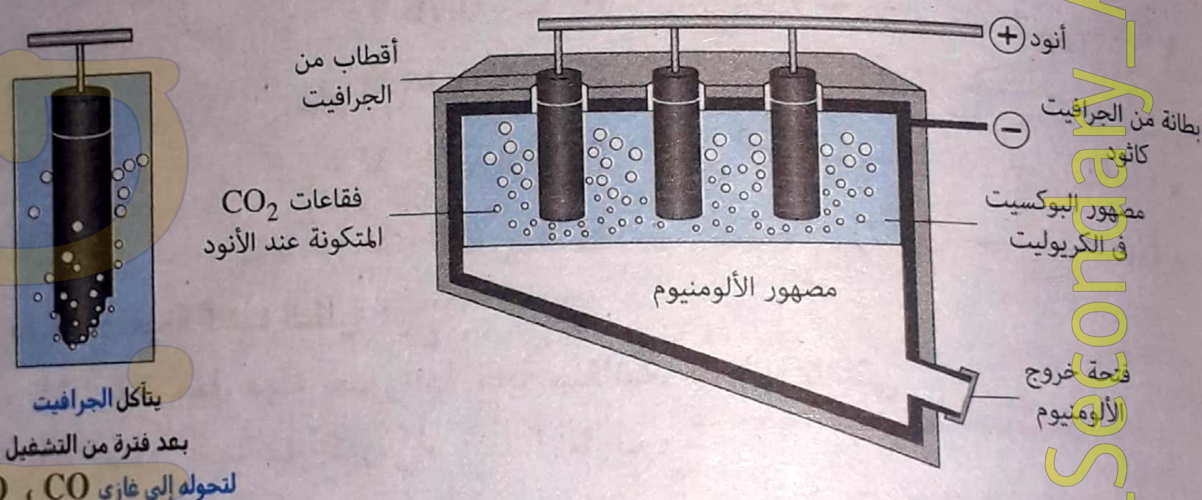
$$Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

- بعضها (مثل الذهب والفضة) لا يتأكسد ويترسب فى المحلول أسفل الأنود.

٣ استخلاص الألومنيوم من خام البوكسيت بالتحليل الكهربى

❖ الخطوات :

- يستخلص الألومنيوم من خام البوكسيت (Al_2O_3) المذاب فى مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) والذى يضاف إليه قليلًا من الفلورسبار (CaF_2)، لخفض درجة انصهار المخلوط من $2045°C$ إلى $950°C$
- ويستعاض حديثًا عن الكريوليت بمخلوط من أملاح فلوريدات (الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم)، لأن هذا المخلوط يعطى مع البوكسيت مصهورًا يتميز بانخفاض درجة انصهاره وكثافته مقارنةً بمخلوط الكريوليت مع البوكسيت، مما يسهل فصل مصهور الألومنيوم.



(١) توصل أسطوانات الجرافيت بالقطب الموجب لمصدر كهربى، **لتعمل كأنود.**

(٢) يوصل الجرافيت المبطن لجسم إناء الخلية بالقطب السالب للمصدر الكهربى، **ليعمل ككاثود.**

(٣) يتفكك مصهور البوكسيت تبعًا للمعادلة :

$$Al_2O_{3(l)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(l)} + 3O^{2-}_{(l)}$$

وعند مرور التيار الكهربى تحدث :

- عملية أكسدة عند الأنود

$$3O^{2-} \longrightarrow \frac{3}{2}O_{2(g)} + 6e^- \quad .... (1)$$

- عملية اختزال عند الكاثود

$$2Al^{3+} + 6e^- \longrightarrow 2Al^0_{(l)} \quad .... (2)$$



التفاعل الكلى : بجمع المعادلتين (1) ، (2) :

$$2Al^{3+} + 3O^{2-} \longrightarrow 2Al^{0}_{(l)} + \frac{3}{2}O^{0}_{2(g)}$$

ويسحب الألومنيوم من الخلية من خلال فتحة سفلية بالخلية.

* **ملحوظة** :

تتآكل أقطاب الجرافيت، نتيجة لتفاعلها مع الأكسچين المتصاعد، لذا يلزم تغييرها باستمرار.

$$\frac{3}{2}O_{2(g)} + 2C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

٣ قوانين و علاقات و تطبيقات

* E_{cell} (emf) =
  - E°_{oxid} (Anode) $- E^{\circ}_{oxid}$ (Cathode)
  - E°_{red} (Cathode) $- E^{\circ}_{red}$ (Anode)
  - E°_{oxid} (Anode) $+ E^{\circ}_{red}$ (Cathode)

- $E^{\circ}_{oxid} = - E^{\circ}_{red}$ (للعنصر الواحد)
- $2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H^{0}_{2(g)}$ $E^{\circ} = zero$
- $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Zn^{0}_{(s)}$ $E^{\circ} = -0.76\ V$
- $Zn^{0}_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ $E^{\circ} = +0.76\ V$
- $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu^{0}_{(s)}$ $E^{\circ} = +0.34\ V$
- $Cu^{0}_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ $E^{\circ} = -0.34\ V$

* **إذا كانت قيمة emf للخلية :**

- بإشارة موجبة، فهذا يعنى أنها خلية جلفانية، تفاعلها **تلقائى** «أى يصدر عنها تيار كهربى»، «تفاعل تفريغ».
- بإشارة سالبة، فهذا يعنى أنها خلية تحليلية، تفاعلها **غير تلقائى** «أى لا يصدر عنها تيار كهربى»، «تفاعل شحن».

* **تمثل الخلية الجلفانية برمز اصطلاحى كالتالى :**

أكسدة		اختزال
$M\ /\ M^{++}$	//	$X^{++}\ /\ X$
نصف خلية الأنود	قنطرة ملحية	نصف خلية الكاثود

... نصف خلية $Ag^0_{(s)} / Ag^+_{(aq)}$ ونصف خلية $Sn^0_{(s)} / Sn^{2+}_{(aq)}$ إذا علمت أن جهد الاختزال القياسى لأيونات القصدير $-0.14\ V$ ولأيونات الفضة $+0.8\ V$ ،

(١) احسب emf للخلية.

(٢) اكتب الرمز الاصطلاحى لها.

الحل

(١)

$$emf = E^\circ_{red}(Ag^+) - E^\circ_{red}(Sn^{2+})$$

$$= 0.8 - (-0.14) = 0.94\ V$$

(٢) الرمز الاصطلاحى للخلية : $Sn^0_{(s)} / Sn^{2+}_{(aq)} // 2Ag^+_{(aq)} / 2Ag^0_{(s)}$

مثال ٢

... التفاعل التالى يمثل عملية التفريغ أم عملية الشحن فى إحدى الخلايا الثانوية ؟ ... بيان السبب.

$$Cd^0_{(s)} + 2Ni^{3+}_{(aq)} \longrightarrow 2Ni^{2+}_{(aq)} + Cd^{2+}_{(aq)}$$

... مًا بأن :

- $Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd^0_{(s)}$ $\quad E^\circ = -0.4\ V$
- $2Ni^{3+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ni^{2+}_{(aq)}$ $\quad E^\circ = +0.9\ V$

الحل

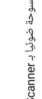
... ضح من التفاعل الكلى حدوث عملية أكسدة لذرات الكادميوم واختزال لأيونات النيكل

$$\because emf = E^\circ_{oxid}(Cd^0) + E^\circ_{red}(Ni^{3+}) = 0.4 + 0.9 = +1.3\ V$$

قيمة emf بإشارة موجبة. $\therefore$ هذا التفاعل يمثل تفاعل تفريغ

القانون الأول لفاراداى

* **نص القانون** : تتناسب كمية المادة المتكونة أو المستهلكة عند أى قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسبًا طرديًا مع كمية الكهرباء المارة فى الإلكتروليت.
* **كمية الكهرباء (C)** = شدة التيار (A) × الزمن (s)
* **الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر** = $\dfrac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (g/atom)}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$
* **كتلة المادة المتحررة أو المستهلكة (g)** = كمية الكهرباء (F) × الكتلة المكافئة الجرامية
* **كتلة المادة المتحررة أو المستهلكة (g)** = $\dfrac{\text{كمية الكهرباء (C)}}{96500}$ × الكتلة المكافئة الجرامية



مثال ١ **احسب الزمن اللازم** لترسيب 9 g من فلز الألومنيوم عند مرور تيار كهربى شدته 10 A فى خلية تحليل تحتوى على مصهور أكسيد الألومنيوم،

إذا علمت أن تفاعل الكاثود : $Al^{3+}_{(l)} + 3e^- \longrightarrow Al^0_{(l)}$

[Al = 27]

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للألومنيوم (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للألومنيوم}}{Al^{3+}\ \text{عدد تأكسد أيون الألومنيوم}} = \frac{27}{3} = 9\,g$

∵ كتلة الألومنيوم المترسبة (g) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)}}{96500\ (C)}$

∴ كمية الكهرباء (C) = $\frac{96500 \times 9}{9} = 96500\ C$

∵ كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

∴ الزمن (s) = $\frac{96500}{10} = 9650\ s$

مثال ٢ **احسب كتلة الفضة** المترسبة على ملعقة من الحديد عند إمرار كمية من الكهرباء مقدارها 0.2 F فى محلول نترات الفضة،

علمًا بأن تفاعل الكاثود : $Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag^0_{(s)}$

[Ag = 108]

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للفضة (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للفضة}}{Ag^{+}\ \text{عدد تأكسد أيون الفضة}} = \frac{108}{1} = 108\ g$

كتلة الفضة المترسبة (g) = كمية الكهرباء (F) × الكتلة المكافئة الجرامية (g)

$= 108 \times 0.2 = 21.6\ g$

مثال ٣ قسم محلول من نترات الفضة على ثلاث خلايا تحليلية، وأُمِرّ فى الخلية الأولى تيار شدته 965 A لمدة 1 s وفى الخلية الثانية 9650 C وفى الخلية الثالثة 0.2 F

احسب كتلة الفضة المترسبة على كاثود كل خلية،

وما الذى تستنتجه من هذه النتائج ؟

[Ag = 108]

الحل الكتلة المكافئة الجرامية للفضة (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للفضة}}{\text{عدد تأكسد أيون الفضة } Ag^+} = \frac{108}{1} = 108\ g$

كمية الكهرباء المارة فى الخلية الأولى (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

$= 1 \times 965 = 965\ C$

كتلة الفضة المترسبة على كاثود الخلية الأولى = $\frac{108 \times 965}{96500} = 1.08\ g$

كتلة الفضة المترسبة على كاثود الخلية الثانية = $\frac{108 \times 9650}{96500} = 10.8\ g$

كتلة الفضة المترسبة على كاثود الخلية الثالثة = $108 \times 0.2 = 21.6\ g$

ويستنتج مما سبق أن : كتلة الفضة المتكونة عند الكاثود تتناسب طرديًا مع كمية الكهرباء المارة فى محلول نترات الفضة وهو ما يؤكد القانون الأول لفاراداى.

القانون الثانى لفاراداى

٢

* **نص القانون :** تتناسب كميات المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة عند مرور نفس كمية الكهرباء فى عدة إلكتروليتات متصلة على التوالى مع كتلها المكافئة الجرامية.

* **كمية الكهرباء** = $\frac{\text{الكتلة المتحررة من العنصر X}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر X}} = \frac{\text{الكتلة المتحررة من العنصر Y}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر Y}}$

مثال عند إمرار كمية من الكهرباء فى محلولى نترات فضة $AgNO_3$ وكبريتات نحاس (II) $CuSO_4$، ترسب فى الخلية التحليلية الأولى 21.6 g من الفضة، **احسب كتلة النحاس المترسبة فى الخلية الثانية.** [Ag = 108 , Cu = 63.5]

الحل الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد الأيون}}$

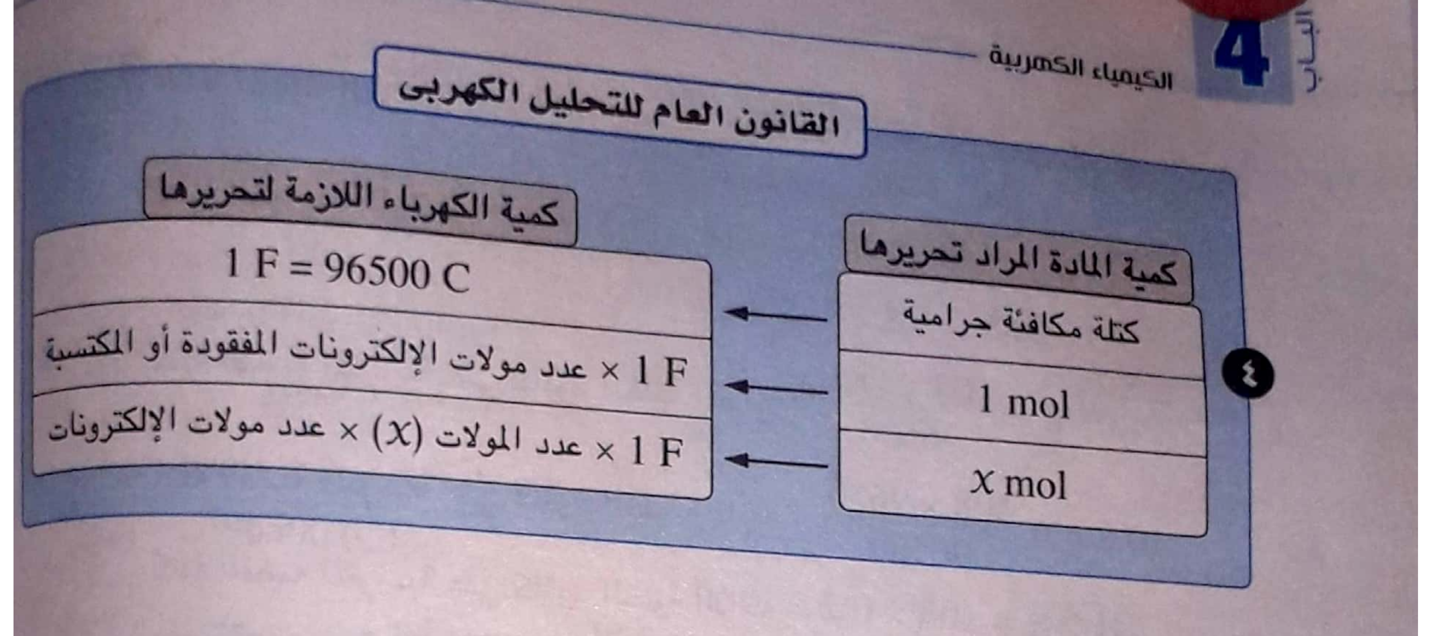
الكتلة المكافئة الجرامية للفضة = $\frac{108}{1} = 108\ g$

الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس = $\frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

$\frac{\text{كتلة Ag المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للفضة}} = \frac{\text{كتلة Cu المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس}}$

$\frac{21.6}{108} = \frac{\text{كتلة Cu المترسبة}}{31.75}$

كتلة Cu المترسبة = $\frac{31.75 \times 21.6}{108} = 6.35\ g$



القانون العام للتحليل الكهربى

٤

كمية المادة المراد تحريرها		كمية الكهرباء اللازمة لتحريرها
كتلة مكافئة جرامية	←	1 F = 96500 C
1 mol	←	1 F × عدد مولات الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة
x mol	←	1 F × عدد المولات (x) × عدد مولات الإلكترونات

مثال ١

[Al = 27]

احسب كمية الكهرباء بالفاراداى اللازمة لإنتاج 18 g من الألومنيوم بالتحليل الكهربى لمصهور البوكسيت تبعًا لتفاعل الكاثود : $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al^0$

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للألومنيوم (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للألومنيوم}}{\text{عدد تأكسد أيون الألومنيوم } Al^{3+}} = \frac{27}{3} = 9\ g$

$1\ F \xrightarrow{\text{تلزم لترسيب}} 9\ g\ Al$

$?\ F \longrightarrow 18\ g\ Al$

∴ كمية الكهرباء = $\frac{18}{9} = 2\ F$

حل ثان

عدد مولات الألومنيوم = $\frac{18}{27}$

$= \frac{2}{3}\ mol$

∴ كمية الكهرباء = $3 \times \frac{2}{3}$

$= 2\ F$

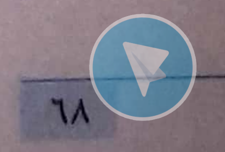
حل ثالث

$(27\ g/mol)\ Al \xrightarrow{\text{يلزم لترسيبها}} 3 \times 1\ F$

$18\ g\ Al \longrightarrow ?\ F$

∴ كمية الكهرباء = $\frac{3 \times 18}{27}$

$= 2\ F$



مثال ٢ **احسب حجم غاز الأكسچين (at STP)** الناتج عند مرور كمية من الكهرباء مقدارها 5 F فى إلكتروليت تبعًا لتفاعل الأنود :

$$2O^{2-} \longrightarrow O_{2(g)} + 4e^-$$

الحل

$$4 \times 1\,F \xrightarrow{\text{تلزم لتصعيد}} 22.4\,L\,O_2\ (1\,mol\,O_2)$$

$$5\,F \longrightarrow ?\,L\,O_2$$

حجم غاز الأكسچين المتصاعد $= \frac{5 \times 22.4}{4} =$ **28 L**

مثال ٣

أُمرر تيار كهربى مستمر شدته 18 A لمدة 1 h فى محلول كبريتات النيكل (II) $NiSO_4$ لطلاء وجهى رقيقة من معدن رخيص مربعة الشكل طول ضلعها 4 cm

احسب سُمك طبقة الطلاء، علمًا بأن كثافة النيكل $8.9\ g/cm^3$ **[Ni = 58.7]**

الحل

كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

$= 18 \times 60 \times 60 = 64800\ C$

الكتلة المكافئة الجرامية للنيكل (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للنيكل}}{\text{عدد تأكسد أيون النيكل } Ni^{2+}} = \frac{58.7}{2} = 29.35\ g$

كتلة النيكل المترسبة (كتلة الطلاء) (g) = $\frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنيكل (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ (C)}$

$= \frac{64800 \times 29.35}{96500} = 19.71\ g$

مساحة سطح طلاء النيكل (cm^2) = مساحة الوجه الواحد × 2 = (طول الضلع × نفسه) × 2

$= 2 \times (4 \times 4) = 32\ cm^2$

حجم طبقة الطلاء = $\frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكثافة } (g/cm^3)} = \frac{19.71}{8.9} = 2.21\ cm^3$

سُمك طبقة الطلاء = $\frac{\text{حجم طبقة الطلاء } (cm^3)}{\text{مساحة سطح الطلاء } (cm^2)} = \frac{2.21}{32} =$ **0.07 cm**



٤ مقارنات

١

الخلايا الأولية	الخلايا الثانوية
* خلايا جلفانية تتحول فيها الطاقة الكيميائية المختزنة إلى طاقة كهربية من خلال تفاعل (أكسدة - اختزال) تلقائي **غير انعكاسي**.	* خلايا جلفانية تتحول فيها الطاقة الكيميائية المختزنة إلى طاقة كهربية من خلال تفاعل (أكسدة - اختزال) تلقائي **انعكاسي**.
* لا يمكن إعادة شحنها.	* يمكن إعادة شحنها.
* **أمثلة** : • خلية الزئبق. • خلية الوقود.	* **أمثلة** : • بطارية الرصاص الحامضية. • بطارية أيون الليثيوم.

٢

الخلية الجلفانية	الخلية التحليلية (الإلكتروليتية)
* تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية.	* تتحول فيها الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية.
* تتم فيها تفاعلات (أكسدة - اختزال) بشكل **تلقائي**.	* تتم فيها تفاعلات (أكسدة - اختزال) بشكل **غير تلقائي**.
* قيمة emf لها بإشارة **موجبة**.	* قيمة emf لها بإشارة **سالبة**.
* **الأنود** هو القطب **السالب** وتحدث له عملية الأكسدة.	* **الأنود** هو القطب **الموجب** وتحدث له أو عنده عملية الأكسدة.
* **الكاثود** هو القطب **الموجب** وتحدث له أو عنده عملية الاختزال.	* **الكاثود** هو القطب **السالب** وتحدث له أو عنده عملية الاختزال.
* قطبي الأنود والكاثود من مادتين **مختلفتين**.	* قطبي الأنود والكاثود قد يكونا من **نفس المادة** أو من **مادتين مختلفتين**.
* تحتوي الخلية على **إلكتروليتين مختلفين**.	* تحتوي الخلية على **إلكتروليت واحد**.
* **مثال** : خلية دانيال.	* **مثال** : خلية استخلاص الألومنيوم من البوكسيت



١ تسمية الأيوباك للمركبات العضوية

١ تسمية الأيوباك للألكانات (البارافينات)

١ يضاف المقطع (- ان - ane) إلى الشق الدال على عدد ذرات الكربون.

CH_4 ميثـ ان ، C_3H_8 بروبـ ان ، C_6H_{14} هكسـ ان

ميث meth = 1 ، إيث eth = 2 ، بروب prop = 3 ، بيوت but = 4 ، بنت pent = 5 ، هكس hex = 6 ، هبت hept = 7 ، أوكت oct = 8 ، نون non = 9 ، ديك dec = 10 ، ...

٢ يحدد اسم الألكان من **أطول سلسلة كربونية** متصلة سواء كانت مستقيمة أو منحنية.

```
C-C-C-C-C
  |
  C
```

```
C
|
C   C-C
|   |
C-C-C-C-C
```

```
C-C-C-C
    |
    C-C-C-C
```

٣ ترقم السلسلة الأساسية بدءً من الطرف **الأقرب** لأول نقطة تفرع، والذى يؤدى إلى تحديد نقاط تفرع المجموعات **بأقل مجموع** أرقام ممكن.

```
            C
            |
        C-C-C-C-C-C
ترقيم خطأ    1 2 3 4 5 6    4 ✗
ترقيم صواب   6 5 4 3 2 1    3 ✓
```

```
          C C
          | |
        C-C-C-C-C
ترقيم خطأ    1 2 3 4 5    3 + 4 = 7 ✗
ترقيم صواب   5 4 3 2 1    2 + 3 = 5 ✓
```

٤ إذا تصادف وجود سلسلتان متساويتان فى الطول فى نفس الجزىء، نختار **أكثرهما تفرعًا** كأساس للتسمية.

```
    C
    |  3 4 5 6
C-C-C-C-C-C
    |
   2C
    |
   1C
       ✗
```

```
      C
      |  3 4 5 6
C-C-C-C-C-C
1 2 |
    C
    |
    C
       ✓
```

٥ عند صياغة اسم المركب فى صورته النهائية **يجب مراعاة ما يلى :**

(أ) يُسبق كل تفرع **بالرقم** الدال على **موضع تفرعه** من السلسلة الأساسية.

$$H_3C-\underset{\large CH_3}{\overset{}{CH}}-CH_2-CH_3$$

2- ميثيل بيوتان

(ب) يفصل بين :

- الرقم والرقم **بفصلة** (،).
- الرقم والاسم **بشرطة** (–).

$$H_3C-CH_2-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$$

3،2- ثنائى ميثيل بنتان

(جـ) عند **تكرار** تفرع مجموعة أو ذرة ما من السلسلة الأساسية يضاف إلى اسمها البادئة التى تشير إلى عدد مرات تكرارها **(ثنائى، ثلاثى، ...)** وذلك بالإضافة إلى الأرقام الدالة على مواضع تفرعها من السلسلة.

$$H_3C-CH(Cl)-CH(OH)-CH(Cl)-CH_3$$

2 + 3 + 4 = 9 ✔	5	4	3	2	1
4 + 3 + 2 = 9 ✔	1	2	3	4	5

4،2 - ثنائى كلورو -3- هيدروكسى بنتان

(د) ترتب التفرعات **أبجديًا** حسب أسمائها اللاتينية.



B romine → B
يسبق ↓
C hlorine → C
يسبق ↓
F luorine → F

$$Cl-\underset{H}{\overset{Br}{C}}-\underset{F}{\overset{F}{C}}-F$$

1،1،1- ثلاثى فلورو -2- برومو -2- كلوروإيثان ✗

1 + 1 + 1 + 2 + 2 = 7 ✗

1- برومو -1- كلورو -2،2،2- ثلاثى فلوروإيثان ✗

1 + 1 + 2 + 2 + 2 = 8 ✗

2- برومو -2- كلورو -1،1،1- ثلاثى فلوروإيثان ✔

2 + 2 + 1 + 1 + 1 = 7 ✔

٢ هاليدات الألكيل

يكتب اسم الهالوجين منتهيًا بالحرف (و)، يعقبه اسم الألكان المشتق منه مجموعة الألكيل

• كلوريد الميثيل	CH_3Cl	كلوروميثان
• بروميد الإيثيل	C_2H_5Br	بروموإيثان

٣ تسمية الأيوباك للألكينات (الأوليفينات) والألكاينات (الأسيتيلينات)

١ * يضاف المقطع (- ين ene -) إلى نهاية اسم **الشق** الدال على أطول سلسلة كربونية تحتوى على رابطة مزدوجة.

C_2H_4 إيثين	$H_3C-CH_2-CH=CH_2$ 1- بيوتين

* يضاف المقطع (- اين yne -) إلى نهاية اسم **الشق** الدال على أطول سلسلة كربونية تحتوى على رابطة ثلاثية.

C_2H_2 إيثاين	$H_3C-C\equiv C-CH_3$ 2- بيوتاين

٢ ترقم السلسلة الكربونية من الطرف **الأقرب** إلى الرابطة **غير المشبعة**، بغض النظر عن موقع أى تفرعات أخرى.

$H_3C-CH=CH-CH_2-CH_3$

✗ 5 4 3 2 1

✔ 1 2 3 4 5

2- بنتين

$H_3C-C\equiv C-CH_2-CH_2Cl$

✗ 5 4 3 2 1

✔ 1 2 3 4 5

5- كلورو -2- بنتاين

$F_2CH-CH(CH_3)-CH=CH_2$

✗ 1 2 3 4

✔ 4 3 2 1

4،4- ثنائى فلورو -3- ميثيل -1- بيوتين



٤ تسمية الأيوباك للمركبات الأروماتية

تسمية مشتقات البنزين :

(أ) المشتقات أحادية الاستبدال :

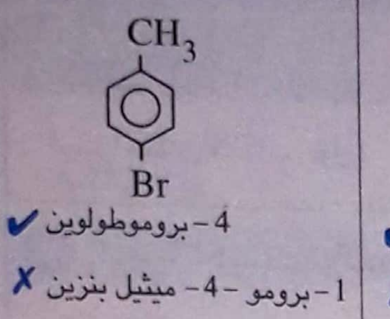
القاعدة			
١- غالبًا ما يكتب اسم الذرة أو المجموعة المستبدلة متبوعة بكلمة بنزين.	F (حلقة بنزين) فلوروبنزين	NO_2 (حلقة بنزين) نيتروبنزين	CH_2CH_3 (حلقة بنزين) إيثيل بنزين
٢- عند استبدال إحدى ذرات حلقة بنزين ببعض المجموعات الفعالة، لا ينسب اسم المركب الناتج إلى البنزين، بل يصبح له اسمًا جديدًا.	OH (حلقة بنزين) فينول ✔ هيدروكسى بنزين ✗	CH_3 (حلقة بنزين) طولوين ✔ ميثيل بنزين ✗	COOH (حلقة بنزين) حمض بنزويك ✔ كربوكسى بنزين ✗
٣- إذا كانت حلقة البنزين متصلة بمجموعة ليس لها اسم بسيط، فإنه يتم التعامل مع حلقة البنزين باعتبارها المجموعة المستبدلة (التفرع) فتأخذ اسم **فينيل**.	$H_3C-CH-CH_3$ (حلقة بنزين على الكربون الأوسط) 2-فينيل بروبان	(حلقة بنزين)$-\underset{H}{C}=\underset{H}{C}-$(حلقة بنزين) 2،1- ثنائى فينيل إيثين	

(ب) المشتقات ثنائية الاستبدال :

القاعدة		
١- عند استبدال ذرتى هيدروچين فى الحلقة بذرتين متشابهتين أو مختلفتين، تتم التسمية بطريقة الترقيم حيث ترقم ذرات الكربون فى الحلقة بالاتجاه الذى يعطى **أقل مجموع ممكن**، مع مراعاة الترتيب الأبجدى.	Cl، Br (حلقة بنزين) 1- برومو -3- كلوروبنزين	Br، Br (حلقة بنزين) 4،1- ثنائى برومو بنزين



٢- في حالة استبدال ذرة هيدروچين في مركبات : (الفينول، الطولوين، حمض البنزويك) ترقم المجموعة الأساسية في هذه المركبات بالرقم 1 وترقم المجموعات الأخرى حسب موقعها بالنسبة للمجموعة الأساسية.

2- نيتروفينول ✔ 1- هيدروكسي - 2- نيتروبنزين ✗	 4- بروموطولوين ✔ 1- برومو - 4- ميثيل بنزين ✗

للإيضاح فقط

* عند استبدال ذرتي هيدروچين في حلقة بنزين بمجموعتي هيدروكسيل وميثيل، لا تتم تسمية الأيوباك لهذا المركب بالنسبة إلى الفينول أو الطولوين، لأن المركب سوف يصبح له اسم جديد وهو (أرثو أ، بارا أ، ميتا) كريزول.

ميتا-كريزول

(ج) المشتقات متعددة الاستبدال :

* ترتب المجموعات أبجديًا حسب أسمائها اللاتينية، بغض النظر عن ترقيم مواقعها.
* ترقم ذرات كربون الحلقة مرورًا بالاتجاه الذي يحدد مواقع المجموعات بأقل مجموع أرقام ممكن.

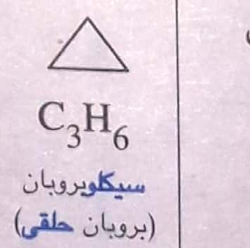
4- برومو-1، 2- ثنائي كلوروبنزين	1،3،5- ثلاثي ميثيل بنزين

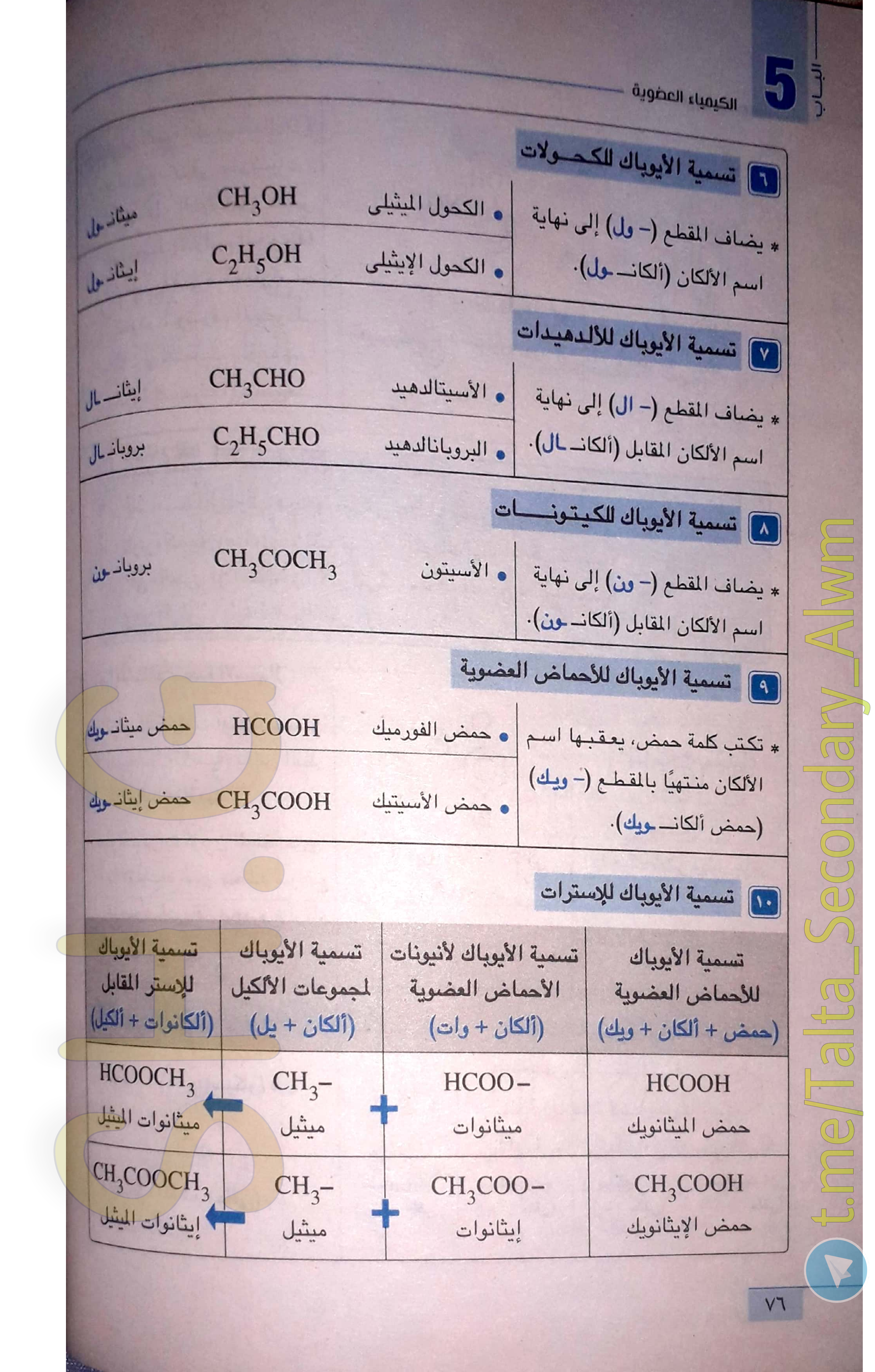
(د) تسمية الأيوباك للألكانات الحلقية

* يضاف المقطع (سيكلو) قبل اسم الألكان.

أو

* يضاف المقطع (حلقي) بعد اسم الألكان.

 C_3H_6 سيكلوبروبان (بروبان حلقي)	C_4H_8 سيكلوبيوتان (بيوتان حلقي)	C_5H_{10} سيكلوبنتان (بنتان حلقي)	C_6H_{12} سيكلوهكسان (هكسان حلقي)



٦ تسمية الأيوباك للكحولات

* يضاف المقطع (– ول) إلى نهاية اسم الألكان (ألكانـ ول).

• الكحول الميثيلى	CH_3OH	ميثانـ ول
• الكحول الإيثيلى	C_2H_5OH	إيثانـ ول

٧ تسمية الأيوباك للألدهيدات

* يضاف المقطع (– ال) إلى نهاية اسم الألكان المقابل (ألكانـ ال).

• الأسيتالدهيد	CH_3CHO	إيثانـ ال
• البروبانالدهيد	C_2H_5CHO	بروبانـ ال

٨ تسمية الأيوباك للكيتونات

* يضاف المقطع (– ون) إلى نهاية اسم الألكان المقابل (ألكانـ ون).

• الأسيتون	CH_3COCH_3	بروبانـ ون

٩ تسمية الأيوباك للأحماض العضوية

* تكتب كلمة حمض، يعقبها اسم الألكان منتهيًا بالمقطع (– ويك) (حمض ألكانـ ويك).

• حمض الفورميك	$HCOOH$	حمض ميثانـ ويك
• حمض الأسيتيك	CH_3COOH	حمض إيثانـ ويك

١٠ تسمية الأيوباك للإسترات

تسمية الأيوباك للأحماض العضوية (حمض + ألكان + ويك)	تسمية الأيوباك لأنيونات الأحماض العضوية (ألكان + وات)		تسمية الأيوباك لمجموعات الألكيل (ألكان + يل)		تسمية الأيوباك للإستر المقابل (ألكانوات + ألكيل)
$HCOOH$ حمض الميثانويك	$HCOO-$ ميثانوات	+	CH_3- ميثيل	←	$HCOOCH_3$ ميثانوات الميثيل
CH_3COOH حمض الإيثانويك	CH_3COO- إيثانوات	+	CH_3- ميثيل	←	CH_3COOCH_3 إيثانوات الميثيل

٢ صيغ بنائية و جزيئية

المركب	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
يوريا (بولينا)	O ‖ H₂N – C – NH₂	CH_4ON_2
بنتان حلقى (سيكلوبنتان)		C_5H_{10}
هكسان حلقى (سيكلوهكسان)		C_6H_{12}
بنزين عطرى		C_6H_6
كلوريد ميثيلين (ثنائى كلوروميثان)	H I Cl – C – Cl I H	CH_2Cl_2
كلوروفورم (ثلاثى كلوروميثان)	Cl I Cl – C – Cl I H	$CHCl_3$
رابع كلوريد الكربون (رباعى كلوروميثان)	Cl I Cl – C – Cl I Cl	CCl_4
هالوثان (2–برومو –2–كلورو–1،1،1–ثلاثى فلوروإيثان)	Br F I I H – C – C – F I I Cl F	$CHBrClCF_3$
ثنائى فينيل		$C_{12}H_{10}$
نفثالين		$C_{10}H_8$

أنثراسين		$C_{14}H_{10}$
طولوين (ميثيل بنزين)	CH_3	C_7H_8
جامكسان (سداسى كلوروهكسان حلقى)	Cl Cl Cl Cl Cl Cl	$C_6H_6Cl_6$
ثلاثى نيتروطولوين (TNT)	CH_3 O_2N NO_2 NO_2	$C_7H_5O_6N_3$
حمض بنزين سلفونيك	SO_3H	$C_6H_6O_3S$
إيثانال (أسيتالدهيد)	H O H – C – C – H H	C_2H_4O
2- بروبانول (كحول أيزوبروبيلى)	H OH H H – C – C – C – H H H H	C_3H_8O
بروبانون (أسيتون)	H O H H – C – C – C – H H H	C_3H_6O
إثير ثنائى الإيثيل	H H H H H – C – C – O – C – C – H H H H H	$C_4H_{10}O$

إيثيلين جليكول (2،1– ثنائى هيدروكسى إيثان)	$HO-CH_2-CH_2-OH$ (H H / HO – C – C – OH / H H)	$C_2H_6O_2$
جليسرول (3،2،1– ثلاثى هيدروكسى بروبان)	H H H / H – C – C – C – H / OH OH OH	$C_3H_8O_3$
ثلاثى نيترجليسرول	H / $H-C-O-NO_2$ / $H-C-O-NO_2$ / $H-C-O-NO_2$ / H	$C_3H_5O_9N_3$
سوربيتول	CH_2OH / $(CHOH)_4$ / CH_2OH	$C_6H_{14}O_6$
جلوكوز (مادة ألدهيدية عديدة الهيدروكسيل)	CHO / $(CHOH)_4$ / CH_2OH الصيغة البنائية المكثفة	$C_6H_{12}O_6$
فركتوز (مادة كيتونية عديدة الهيدروكسيل)	CH_2OH / C = O / $(CHOH)_3$ / CH_2OH الصيغة البنائية المكثفة	$C_6H_{12}O_6$
فينول (حمض الكربوليك)	OH مرتبطة بحلقة بنزين	C_6H_6O

الاسم	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
كاتيكول	$C_6H_4(OH)_2$ (OH, OH)	$C_6H_6O_2$
بيروجالول	$C_6H_3(OH)_3$ (OH, OH, OH)	$C_6H_6O_3$
حمض البكريك	OH, O_2N, NO_2, NO_2	$C_6H_3O_7N_3$
حمض البنزويك	C_6H_5COOH (COOH)	$C_7H_6O_2$
حمض الفورميك	$H-C(=O)-OH$	CH_2O_2
حمض الأكساليك	COOH – COOH	$C_2H_2O_4$
حمض الفثاليك	$C_6H_4(COOH)_2$ (COOH, COOH)	$C_8H_6O_4$
حمض التيرفثاليك	$HO-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-OH$	$C_8H_6O_4$
حمض السلسليك	$C_6H_4(OH)COOH$ (COOH, OH)	$C_7H_6O_3$
حمض الستريك	H – C(H) – COOH / HO – C – COOH / H – C(H) – COOH	$C_6H_8O_7$

الاسم	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
حمض اللاكتيك	$H-C(H)(H)-C(H)(OH)-COOH$	$C_3H_6O_3$
حمض الجلايسين (أمينو حمض الأسيتيك)	$H_2N-C(H)(H)-C(=O)-OH$	$C_2H_5O_2N$
فورمات الميثيل (ميثانوات الميثيل)	$H-C(=O)-O-C(H)(H)-H$	$C_2H_4O_2$
أسيتات الإيثيل (إيثانوات الإيثيل)	$H-C(H)(H)-C(=O)-O-C(H)(H)-C(H)(H)-H$	$C_4H_8O_2$
بنزوات الإيثيل	$C_6H_5-C(=O)-O-C(H)(H)-C(H)(H)-H$	$C_9H_{10}O_2$
أسيتاميد	$H-C(H)(H)-C(=O)-N(H)(H)$	C_2H_5ON
بنزاميد	$C_6H_5-C(=O)-NH_2$	C_7H_7ON
إستر ثلاثي الجليسريد	CH_2OOCR_1 – $CHOOCR_2$ – CH_2OOCR_3	

الوحدة الأساسية المكونة لبوليمر (الداكرون)	$HO-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-OH$	$C_{10}H_{10}O_5$
زيت المروخ (سلسيلات الميثيل)	$C_6H_4(OH)-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-CH_3$	$C_8H_8O_3$
الأسبرين (أسيتيل حمض السلسليك)	$C_6H_4(\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-OH)-O-\underset{O}{\underset{\|\|}{C}}-CH_3$	$C_9H_8O_4$

٣ معادلات كيميائية

* تحضير **اليوريا (البولينا)** أول مركب عضوى يتم تحضيره معمليًا من تسخين المحلول المائى الناتج من تفاعل كلوريد الأمونيوم وسيانات الفضة (مركبين غير عضويين).

① $NH_4Cl_{(aq)} + AgCNO_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NH_4CNO_{(aq)}$

كلوريد الأمونيوم — سيانات الفضة — سيانات الأمونيوم

② $NH_4CNO_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} H_2NCONH_{2(s)}$

سيانات الأمونيوم — اليوريا

* يتحول **كربون** المركبات العضوية إلى غاز CO_2 عند التسخين مع أكسيد النحاس (II).

③ $C + 2CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Cu_{(s)} + CO_{2(g)}$

* يتحول **هيدروچين** المركبات العضوية إلى **بخار ماء** عند التسخين مع أكسيد النحاس (II).

④ $2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$

تحضير غاز الميثان فى المعمل

* يُحضر غاز الميثان فى المعمل من **التقطير الجاف** لملح أسيتات الصوديوم اللامائية مع **الجير الصودى**. (خليط من الصودا الكاوية NaOH والجير الحى CaO).

(5) $CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$

أسيتات الصوديوم — الميثان

الخواص الكيميائية لغاز الميثان

* تحترق الألكانات (كالميثان) من خلال تفاعل **طارد للحرارة** مكونة غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار ماء.

(6) $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Energy$ «تفاعل احتراق»

* تتفاعل **الألكانات** (كالميثان) مع الهالوچينات (كالكلور) بالتسخين إلى 400°C أو فى وجود الأشعة فوق البنفسجية (UV) فى سلسلة من تفاعلات **الاستبدال** ويتوقف الناتج على نسبة كل من الألكان والهالوچين فى خليط التفاعل.

(7) $CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$ كلوروميثان (كلوريد ميثيل)

(8) $CH_3Cl_{(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CH_2Cl_{2(g)} + HCl_{(g)}$ ثنائى كلوروميثان (كلوريد ميثيلين)

(9) $CH_2Cl_{2(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CHCl_{3(g)} + HCl_{(g)}$ ثلاثى كلوروميثان (كلوروفورم)

(10) $CHCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CCl_{4(l)} + HCl_{(g)}$ رباعى كلوروميثان (رابع كلوريد الكربون)

* **التكسير الحرارى الحفزى** لمنتجات البترول الثقيلة - كالأوكتان - يعطى ألكانات ذات سلسلة قصيرة (بيوتان) و ألكينات ذات سلسلة قصيرة (بيوتين).

(11) $C_8H_{18(l)} \xrightarrow[cat]{\Delta/P} C_4H_{10(g)} + C_4H_{8(g)}$

أوكتان — بيوتان — بيوتين

* يتكون **الكربون المجزأ** (أسود الكربون) عند تسخين **الميثان** (بمعزل عن الهواء) لدرجة 1000°C

(12) $CH_{4(g)} \xrightarrow[No\ air]{1000^\circ C} 2H_{2(g)} + C_{(s)}$

* يتكون **الغاز المائى** وهو خليط من غازى الهيدروچين وأول أكسيد الكربون من تسخين بخار الماء مع **غاز الميثان** فى وجود عامل حفاز.

⑬ $CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow[cat]{725°C} CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$

ميثان — الغاز المائى

تحضير غاز الإيثين فى المعمل

* يُحضر **غاز الإيثين (الإيثيلين)** فى المعمل بنزع الماء من الكحول الإيثيلى بواسطة حمض الكبريتيك المركز عند 180°C **ويتم التفاعل على خطوتين :**

⑭ $C_2H_5OH_{(l)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow[80°C]{conc} C_2H_5.HSO_{4(aq)} + H_2O_{(v)}$

كحول إيثيلى — كبريتات الإيثيل الهيدروچينية

⑮ $C_2H_5.HSO_{4(aq)} \xrightarrow{180°C} C_2H_{4(g)} + H_2SO_{4(aq)}$

كبريتات الإيثيل الهيدروچينية — إيثين

الخواص الكيميائية للألكينات

* **الألكينـات أكثر نشـاطًا من الألكانـات**، لاحتوائها على رابطة أو أكثر مـن النوع π الضعيفة سهلة الكسر.

---

* تحتـرق الألكينـات (كالإيثيلين) من خـلال تفاعل **طارد للحرارة** مكونة غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار ماء.

⑯ $C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Energy$

---

* تتفاعل الألكينات (كالإيثين) مع الهيدروچين **بالإضافة** وذلك بالتسـخين فى وجود **عوامل حفازة** مكونة الألكانات المقابلة (الإيثان).

«تفاعل هدرجة»

⑰ $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow[150° : 300°C]{Pt \ or \ Ni} C_2H_{6(g)}$

إيثين — إيثان

---

* تتفاعل الألكينات (كالإيثين) مع الهالوچينات – كالبروم المذاب فى رابع كلوريد الكربون – **بالإضافة**

«تفاعل هلجنة»

⑱ $H_2C{=}CH_{2(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} Br-CH_2-CH_2-Br_{(l)}$

إيثين — 2،1– ثنائى بروموإيثان

(عديم اللون)

* تتفاعل الألكينات مع هاليدات الهيدروچين (HX) **بالإضافة.**

- ألكين **متماثل** (كالإيثين) مع هاليد الهيدروچين.

(19) $H_2C = CH_{2(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow CH_3 - CH_2 - Br_{(g)}$

إيثين (ألكين متماثل) — بروموإيثان (بروميد إيثيل)

- ألكين **غير متماثل** (كالبروبين) مع هاليد الهيدروچين (قاعدة ماركونيكوف).

(20) $CH_3 - CH = CH_{2(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow CH_3 - CHBr - CH_{3(l)}$

بروبين (ألكين غير متماثل) — 2- بروموبروبان (بروميد أيزوبروبيل)

* تتفاعل الألكينات مع الماء فى وجود وسط حامضى، لتوفير أيونات الهيدروچين اللازمة لكسر الرابطة المزدوجة، حيث أن الماء إلكتروليت ضعيف.

* **ويتم التفاعل بالإضافة على خطوتين :**

- يتفاعل الإيثين مع حمض الكبريتيك المركز عند 80°C مكونًا كبريتات الإيثيل الهيدروچينية.

(21) $C_2H_{4(g)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{80^\circ C} C_2H_5.HSO_{4(aq)}$

إيثين — كبريتات الإيثيل الهيدروچينية

- تتحلل كبريتات الإيثيل الهيدروچينية مائيًا عند 110°C مكونة الإيثانول.

(22) $C_2H_5.HSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{110^\circ C} C_2H_5OH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$

إيثانول

بجمع المعادلتين (21) ، (22)

«تفاعل هيدرة حفزية»

(23) $C_2H_{4(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} C_2H_5OH_{(aq)}$

إيثانول

* عند إمرار غاز الإيثين فى محلول برمنجنات البوتاسيوم - فى وسط قلوى - فى درجة حرارة الغرفة **يزول** لون البرمنجنات البنفسجى، وهو اختبار هام للكشف عن وجود الرابطة المزدوجة.

«تفاعل باير»

(24) $H_2C = CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{وسط قلوى}]{KMnO_4} CH_2(OH) - CH_2(OH)$

إيثين — إيثيلين جليكول

* تُكون الألكينات **بوليمرات بالإضافة.**

(25) $nCH_2=CH_2 \xrightarrow[cat]{\Delta/P} \overset{H}{\underset{H}{}}\dot{C}-\dot{C}\overset{H}{\underset{H}{}} + \overset{H}{\underset{H}{}}\dot{C}-\dot{C}\overset{H}{\underset{H}{}} \xrightarrow[\text{ذرات الكربون بروابط تساهمية}]{\text{يرتبط عدد كبير من}} +CH_2-CH_2+_n$

إيثين — البولى إيثيلين

تحضير غاز الإيثاين (الأسيتيلين)

* يُحضر غاز الإيثاين فى المعمل بتنقيط الماء على كربيد الكالسيوم.

(26) $CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow H-C\equiv C-H_{(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$

كربيد الكالسيوم — إيثاين

* يُحضر غاز الإيثاين فى الصناعة بتسخين الغاز الطبيعى (المحتوى على نسبة عالية من غاز الميثان) لدرجة أعلى من 1500°C ثم التبريد السريع للناتج.

(27) $2CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{تبريد سريع}]{1500^\circ C} C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

ميثان — إيثاين

الخواص العامة لغاز الإيثاين

* **مركبات الألكاينات نشطة جدًا،** لأن الرابطة الثلاثية الموجودة بها تتكون من رابطة واحدة من النوع سيجما ورابطتين من النوع باى الضعيفة سهلة الكسر.

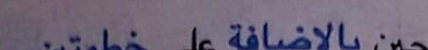
* يحترق غاز الإيثاين بلهب مدخن فى الهواء الجوى لأن كمية الأكسجين الموجودة فى الهواء **محدودة** لا تكفى لاحتراق الكربون تمامًا.

(28) $2C_2H_{2(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow[\text{كمية محدودة}]{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 2C_{(s)}$

* يحترق غاز الإيثاين تمامًا فى **وفرة** من غاز الأكسجين النقى.

(29) $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow[\text{كمية وفيرة}]{\Delta} 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Heat$

ويُستفاد من هذا التفاعل فى تكوين لهب الأكسى أسيتيلين الذى يستخدم فى قطع ولحام المعادن حيث تصل درجة حرارته إلى 3000°C



* يتفاعل غاز الإيثاين مع الهيدروچين **بالإضافة** على **خطوتين**، لاحتواء الجزىء الواحد على رابطتين من النوع باى.

(30) $H-C\equiv C-H_{(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow{Ni} H_2C=CH_{2(g)} \xrightarrow[Ni]{+H_2} C_2H_{6(g)}$

إيثاين — إيثين — إيثان

---

* يتفاعل غاز الإيثاين مع الهالوچينات **بالإضافة**، لذا يزول لون محلول البروم الأحمر المذاب فى رابع كلوريد الكربون عند إمرار غاز الإيثاين فيه.

(31) $C_2H_{2(g)} + Br_{2(\ell)} \xrightarrow{CCl_4} BrCH=CHBr_{(\ell)} \xrightarrow[CCl_4]{+Br_2} Br-\underset{Br}{CH}-\underset{Br}{CH}-Br_{(\ell)}$

إيثاين — 1، 2- ثنائى بروموإيثين — 1،1،2،2- رباعى بروموإيثان

---

* **لا يصلح** البروم المذاب فى رابع كلوريد الكربون **فى التمييز بين** الإيثين و الإيثاين، لزوال لون البروم الأحمر فى الحالتين، لأنه يتفاعل مع كل منهما بالإضافة.

---

* يتفاعل غاز الإيثاين مع الأحماض الهالوچينية **بالإضافة**.

(32) $C_2H_{2(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow H_2C=CHBr_{(g)} \xrightarrow{HBr} CH_3-CHBr_{2(\ell)}$

إيثاين — بروموإيثين (بروميد الفاينيل) — 1،1- ثنائى بروموإيثان

---

* يتفاعل الإيثاين مع الماء **بالإضافة** فى وجود عوامل حفز عند 60°C مكونًا الأسيتالدهيد (الإيثانال).

(33) $H-C\equiv C-H_{(g)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[HgSO_4/60^\circ C]{H_2SO_4\ (40\%)} \left[\begin{matrix} H & OH \\ | & | \\ H-C= & C-H \end{matrix}\right] \xrightarrow[ترتيب]{إعادة} CH_3-CHO_{(\ell)}$

إيثاين — كحول الفاينيل (مركب غير ثابت) — إيثانال (أسيتالدهيد)

«مبيدة حشرية»

---

* يتأكسد الإيثانال (الأسيتالدهيد) مكونًا حمض الأسيتيك (حمض الإيثانويك).

(34) $CH_3-CHO_{(\ell)} \xrightarrow[\text{acidified } KMnO_4]{[O]} CH_3COOH_{(\ell)}$

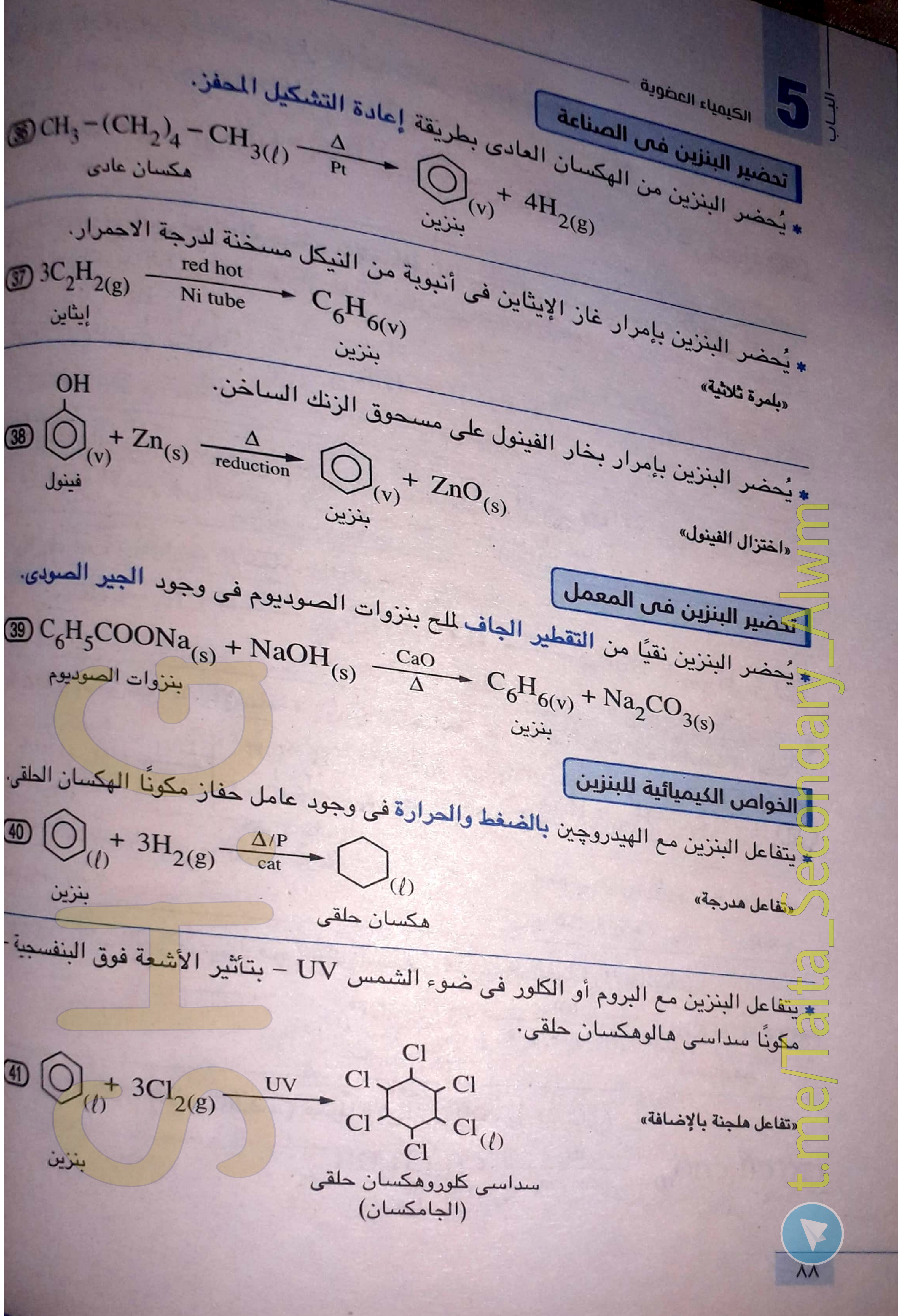
أسيتالدهيد — حمض إيثانويك

---

* يُختزل الإيثانال (الأسيتالدهيد) مكونًا الإيثانول (الكحول الإيثيلى).

(35) $CH_3CHO_{(\ell)} \xrightarrow[\text{reduction}]{2H} CH_3CH_2OH_{(\ell)}$

إيثانال — إيثانول



تحضير البنزين فى الصناعة

* يُحضر البنزين من الهكسان العادى بطريقة **إعادة التشكيل المحفز.**

(36) $CH_3-(CH_2)_4-CH_{3(l)} \xrightarrow[Pt]{\Delta}$ بنزين $_{(v)} + 4H_{2(g)}$

هكسان عادى ← بنزين

* يُحضر البنزين بإمرار غاز الإيثاين فى أنبوبة من النيكل مسخنة لدرجة الاحمرار.

(37) $3C_2H_{2(g)} \xrightarrow[\text{Ni tube}]{\text{red hot}} C_6H_{6(v)}$

إيثاين ← بنزين

«بلمرة ثلاثية»

* يُحضر البنزين بإمرار بخار الفينول على مسحوق الزنك الساخن.

(38) فينول $(OH)_{(v)} + Zn_{(s)} \xrightarrow[\text{reduction}]{\Delta}$ بنزين $_{(v)} + ZnO_{(s)}$

«اختزال الفينول»

تحضير البنزين فى المعمل

* يُحضر البنزين نقيًا من **التقطير الجاف** لملح بنزوات الصوديوم فى وجود **الجير الصودى.**

(39) $C_6H_5COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_6H_{6(v)} + Na_2CO_{3(s)}$

بنزوات الصوديوم ← بنزين

الخواص الكيميائية للبنزين

* يتفاعل البنزين مع الهيدروجين **بالضغط والحرارة** فى وجود عامل حفاز مكونًا الهكسان الحلقى.

(40) بنزين $_{(l)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[cat]{\Delta/P}$ هكسان حلقى $_{(l)}$

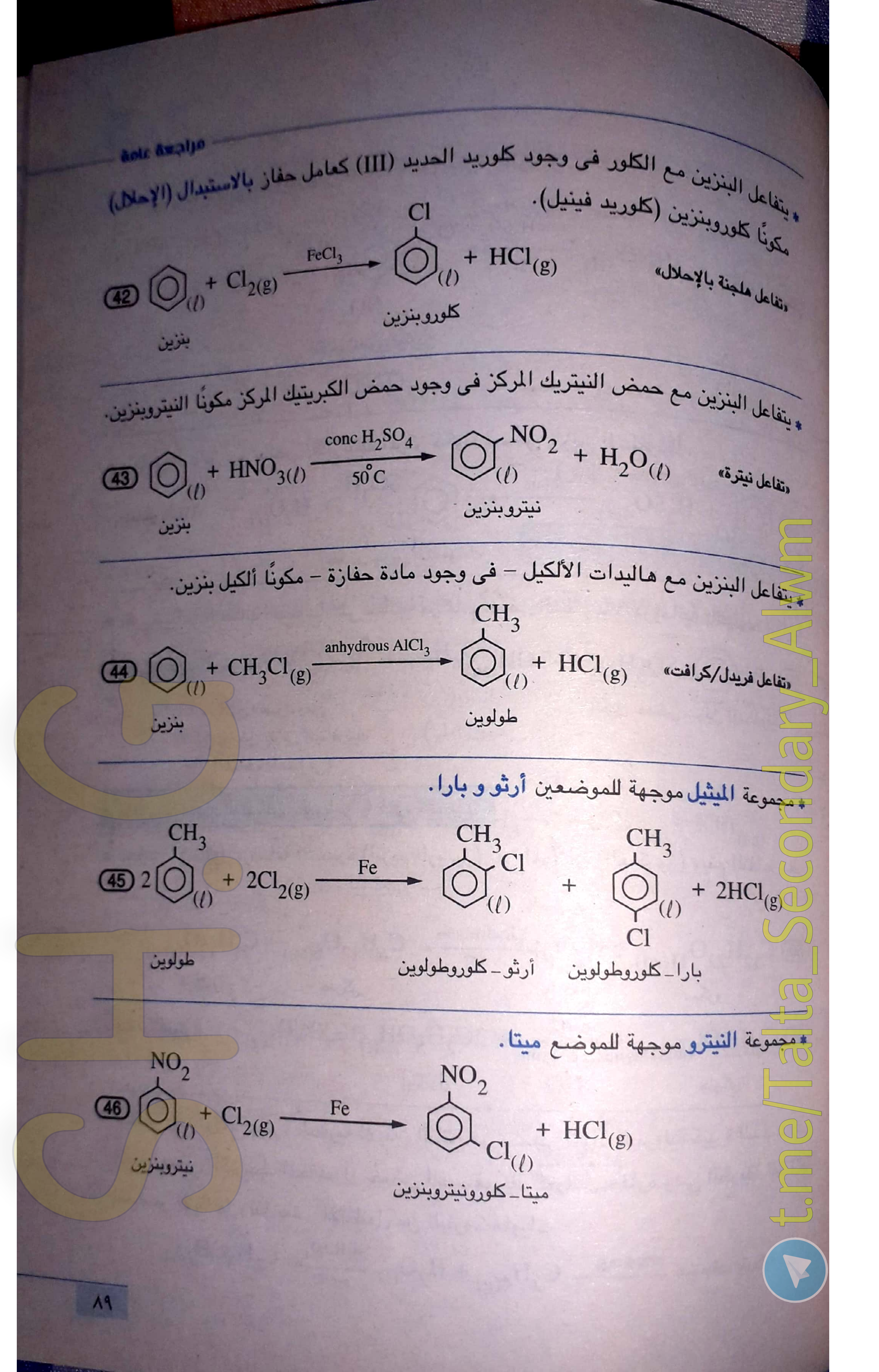
«تفاعل هدرجة»

* يتفاعل البنزين مع البروم أو الكلور فى ضوء الشمس UV – بتأثير الأشعة فوق البنفسجية – مكونًا سداسى هالوهكسان حلقى.

(41) بنزين $_{(l)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} C_6H_6Cl_{6(l)}$

سداسى كلوروهكسان حلقى (الجامكسان)

«تفاعل هلجنة بالإضافة»



* يتفاعل البنزين مع الكلور فى وجود كلوريد الحديد (III) كعامل حفاز بالاستبدال (الإحلال) مكونًا كلوروبنزين (كلوريد فينيل).

«تفاعل هلجنة بالإحلال»

(42) $C_6H_{6(l)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{FeCl_3} C_6H_5Cl_{(l)} + HCl_{(g)}$

بنزين — كلوروبنزين

* يتفاعل البنزين مع حمض النيتريك المركز فى وجود حمض الكبريتيك المركز مكونًا النيتروبنزين.

«تفاعل نيترة»

(43) $C_6H_{6(l)} + HNO_{3(l)} \xrightarrow[50^\circ C]{conc\ H_2SO_4} C_6H_5NO_{2(l)} + H_2O_{(l)}$

بنزين — نيتروبنزين

* يتفاعل البنزين مع هاليدات الألكيل – فى وجود مادة حفازة – مكونًا ألكيل بنزين.

«تفاعل فريدل/كرافت»

(44) $C_6H_{6(l)} + CH_3Cl_{(g)} \xrightarrow{anhydrous\ AlCl_3} C_6H_5CH_{3(l)} + HCl_{(g)}$

بنزين — طولوين

* مجموعة **الميثيل** موجهة للموضعين **أرثو و بارا.**

(45) $2C_6H_5CH_{3(l)} + 2Cl_{2(g)} \xrightarrow{Fe}$ o-$ClC_6H_4CH_{3(l)}$ + p-$ClC_6H_4CH_{3(l)} + 2HCl_{(g)}$

طولوين — أرثو – كلوروطولوين — بارا – كلوروطولوين

* مجموعة **النيترو** موجهة للموضع **ميتا.**

(46) $C_6H_5NO_{2(l)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{Fe}$ m-$ClC_6H_4NO_{2(l)} + HCl_{(g)}$

نيتروبنزين — ميتا – كلورونيتروبنزين

* تتكون مادة ثلاثى نيتروطولوين (TNT) من نيترة الطولوين.

(47) $C_6H_5CH_{3(l)} + 3HNO_{3(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc\ H_2SO_4} CH_3C_6H_2(NO_2)_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$

ميثيل بنزين (طولوين) — ثلاثى نيتروطولوين (TNT)

* يتفاعل البنزين مع حمض الكبريتيك المركز مكونًا حمض بنزين السلفونيك.

(48) $C_6H_{6(l)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} C_6H_5SO_3H_{(l)} + H_2O_{(l)}$ «تفاعل سلفنة»

بنزين — حمض بنزين السلفونيك

* تقوم صناعة المنظفات الصناعية على معالجة مركبات حمض السلفونيك الأروماتية بالصودا الكاوية.

(49) $R-C_6H_4-SO_3H_{(l)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow R-C_6H_4-SO_3^-Na^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

ألكيل حمض بنزين السلفونيك — الملح الصوديومى لألكيل حمض بنزين السلفونيك (المنظف الصناعى)

تحضير الكحول الإيثيلى (الإيثانول) فى الصناعة

* يُحضر الإيثانول بإضافة الخميرة (إنزيم الزيميز) إلى المولاس (السكروز) ويتم التفاعل على خطوتين، هما :

(50) $C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[H^+]{hydrolysis} C_6H_{12}O_{6(aq)} + C_6H_{12}O_{6(aq)}$

سكروز — جلوكوز — فركتوز

(51) $C_6H_{12}O_{6(aq)} \xrightarrow[zymase\ enzyme]{yeast} 2C_2H_5OH_{(l)} + 2CO_{2(g)}$ «تخمر كحولى»

جلوكوز — إيثانول

* يُحضر الإيثانول بالهيدرة الحفزية للإيثين الناتج من تكسير المواد البترولية كبيرة السلسلة فى وجود حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الفوسفوريك كعوامل حفازة وهى **الطريقة الشائعة** لتحضير الإيثانول، لذا يعتبر الإيثانول من البتروكيماويات.

(52) منتجات بترولية $\xrightarrow{cracking} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110°C]{dil\ H_2SO_4} C_2H_5OH_{(v)}$

* **الهيدرة الحفزية للألكينات (باستثناء الإيثين) تعطى كحولات ثانوية أو ثالثية.**

(53) $CH_3-CH=CH_{2(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_{3(l)}$

بروبين — 2- بروبانول (كحول ثانوى)

(54) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_{3(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-CH_{3(l)}$

2-ميثيل-2-بيوتين — 2-ميثيل-2-بيوتانول (كحول ثالثى)

الطريقة العامة لتحضير الكحولات

* تُحضر الكحولات بتسخين هاليدات الألكيل مع المحاليل المائية للقلويات القوية.

(55) $C_2H_5Br_{(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_2H_5OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$

بروموإيثان (بروميد الإيثيل) — إيثانول (كحول أولى)

(56) $CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_{3(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_{3(aq)} + KBr_{(aq)}$

2-بروموبروبان — 2-بروبانول (كحول ثانوى)

(57) $CH_3-\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_{3(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_{3(aq)} + KCl_{(aq)}$

2-كلورو -2- ميثيل بروبان — 2-ميثيل -2- بروبانول (كحول ثالثى)



الخواص الكيميائية للكحولات

*** تفاعلات خاصة بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل (حامضية الكحولات) :**

- يتفاعل الإيثانول مع الفلزات القوية وينطلق غاز الهيدروجين الذى يشتعل بفرقعة.

(58) $2C_2H_5OH_{(l)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2C_2H_5ONa_{(s)} + H_{2(g)}$

إيثانول — إيثوكسيد الصوديوم

- يتحلل إيثوكسيد الصوديوم مائيًا مكونًا الإيثانول وهيدروكسيد الصوديوم.

(59) $C_2H_5ONa_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(aq)} + NaOH_{(aq)}$

إيثوكسيد الصوديوم — إيثانول

- يتفاعل الإيثانول مع حمض الإيثانويك مكونًا إستر أسيتات الإيثيل وماء.

(60) $CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض الإيثانويك — إيثانول — إستر أسيتات الإيثيل

يتم التفاعل فى وجود حمض الكبريتيك المركز لنزع الماء (منع التفاعل العكسى) حتى يستمر تكوين الإستر.

*** تفاعلات خاصة بمجموعة الهيدروكسيل :**

يتفاعل الإيثانول مع حمض الهيدروكلوريك المركز فى وجود كلوريد الخارصين كعامل حفاز، مكونًا كلوريد الإيثيل.

(61) $C_2H_5OH_{(l)} + HCl_{(l)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

إيثانول — كلوريد الإيثيل

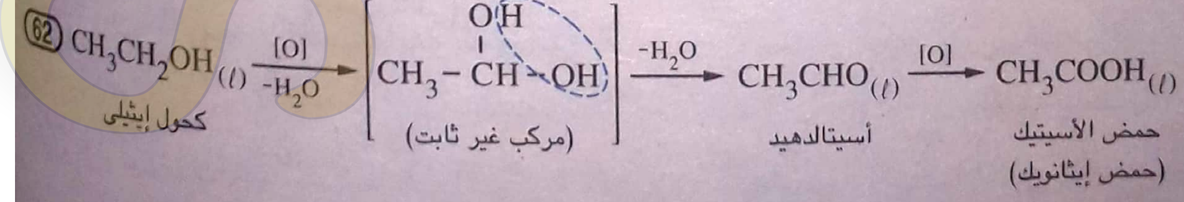
*** تفاعلات خاصة بمجموعة الكاربينول :**

- تتأكسد الكحولات الأولية على خطوتين نظرًا، لاتصال مجموعة الكاربينول فيها بذرتى هيدروجين

كحول أولى ⟵(أكسدة)⟵ ألدهيد ⟵(أكسدة)⟵ حمض عضوى

(62) $CH_3CH_2OH_{(l)} \xrightarrow[-H_2O]{[O]} \left[CH_3-CH(OH)-OH \right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3CHO_{(l)} \xrightarrow{[O]} CH_3COOH_{(l)}$

كحول إيثيلى — (مركب غير ثابت) — أسيتالدهيد — حمض الأسيتيك (حمض إيثانويك)





- تتأكسد الكحولات الثانوية فى خطوة واحدة نظرًا، لاتصال مجموعة الكاربينول فيها بذرة هيدروچين واحدة.

كحول ثانوى ← (أكسدة) كيتون

$$\text{(63)}\quad CH_3-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-CH_{3(l)} \xrightarrow{[O]} \left[CH_3-\underset{OH}{\overset{OH}{C}}-CH_3\right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_{3(l)}$$

كحول أيزوبروبيلى (2- بروبانول) — (مركب غير ثابت) — أسيتون (بروبانون)

* تفاعلات خاصة بجزىء الكحول كله :

يتفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك المركز ويتوقف ناتج التفاعل على عدد جزيئات الكحول المتفاعلة ودرجة الحرارة، **فعند :**

- **140°C** ينتزع جزىء ماء من كل جزيئين من الكحول، ليتكون جزىء من إثير ثنائى الإيثيل.

$$\text{(64)}\quad 2C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[140^\circ C]{conc\ H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_{5(g)} + H_2O_{(v)}$$

إيثانول — إثير ثنائى الإيثيل

- **180°C** ينتزع جزىء ماء من كل جزىء كحول، ليتكون جزىء من الإيثين.

$$\text{(65)}\quad C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[180^\circ C]{conc\ H_2SO_4} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

إيثانول — إيثين

* يتكون مركب ثلاثى نيتروجليسرول من نيترة الجليسرول.

$$\text{(66)}\quad \begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH\ -OH \\ | \\ CH_2-OH_{(l)} \end{matrix} + 3HNO_{3(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc\ H_2SO_4} \begin{matrix} CH_2-ONO_2 \\ | \\ CH\ -ONO_2 \\ | \\ CH_2-ONO_{2(l)} \end{matrix} + 3H_2O_{(v)}$$

جليسرول — ثلاثى نيتروجليسرول

تحضير الفينول (حمض الكربوليك)

* يُحضر الفينول بإحدى الطريقتين الآتيتين :
- التقطير التجزيئى لقطران الفحم.
- التحلل المائى لهاليدات البنزين فى وسط قلوى.

$$\text{(67)}\quad C_6H_5Cl_{(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300^\circ C} C_6H_5OH_{(v)} + NaCl_{(aq)}$$

كلوروبنزين — فينول



الخواص الكيميائية للفينول

* **الفينول (حمض الكربوليك) أكثر حامضية من الإيثانول،**

لأن حلقة البنزين فى الفينول تزيد من طول الرابطة (O – H) وتضعفها، وبالتالى يسهل انفصال أيون الهيدروچين.

* **يتفاعل الفينول مع الصوديوم** مكونًا فينات الصوديوم (فينوكسيد الصوديوم) وغاز الهيدروچين.

(68) $2C_6H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_6H_5ONa + H_2$

فينول → فينات الصوديوم

* **يتفاعل الفينول مع هيدروكسيد الصوديوم** مكونًا فينات الصوديوم وماء.

(69) $C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa + H_2O$

* **يتفاعل الإيثانول مع الأحماض الهالوچينية (حمض الهيدروكلوريك)، بينما لا يتفاعل الفينول معه،** لسهولة نزع مجموعة الهيدروكسيل من الكحولات وصعوبة نزعها من الفينولات وذلك لأن اتصال مجموعة الهيدروكسيل بحلقة البنزين فى الفينول يؤدى إلى قصر الرابطة بين ذرة كربون الحلقة وذرة أكسچين مجموعة الهيدروكسيل، مما يزيد من قوتها وبالتالى يصعب نزع مجموعة الهيدروكسيل من الفينولات.

(70) $C_2H_5OH_{(l)} + HCl_{(l)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

إيثانول → كلوريد الإيثيل

* **يتفاعل الفينول مع حمض النيتريك المركز فى وجود حمض الكبريتيك المركز مكونًا حمض البكريك.**

(71) $C_6H_5OH_{(l)} + 3HNO_{3(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} C_6H_2(NO_2)_3OH_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$

فينول → ثلاثى نيتروفينول «حمض البكريك»

• يتكون البوليمر المشترك عادةً من ارتباط نوعين مختلفين من المونومرات مع فقد جزىء بسيط كالماء.

(72) $n\,a-▨-a + n\,b-⬭-b \longrightarrow [-▨-⬭-]_n + n\,ab$

بوليمر مشترك

تحضير حمض الأسيتيك (الإيثانويك) فى الصناعة

• يُحضر حمض الأسيتيك (الخل) فى مصر بأكسدة المحاليل الكحولية المخففة بواسطة أكسچين الهواء الجوى فى وجود بكتيريا الخل وتعرف هذه الطريقة **بالطريقة الحيوية**.

• يُحضر حمض الأسيتيك بالهيدرة الحفزية للأسيتيلين، ثم أكسدة الأسيتالدهيد الناتج.

(73) $H-C\equiv C-H_{(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[HgSO_4\,/\,60°C]{H_2SO_4\,(40\%)} CH_3-CHO_{(l)} \xrightarrow{[O]} CH_3COOH_{(l)}$

أسيتيلين — أسيتالدهيد — حمض الأسيتيك

الخواص الكيميائية للأحماض العضوية الأليفاتية

• **خواص تعزى إلى ذرة هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل (الخاصية الحامضية) :**

• يتفاعل حمض الأسيتيك مع الفلزات النشطة مكونًا ملح الحمض و غاز الهيدروچين.

(74) $2CH_3COOH_{(aq)} + Mg_{(s)} \longrightarrow (CH_3COO)_2Mg_{(aq)} + H_{2(g)}$

حمض الأسيتيك — أسيتات الماغنسيوم

• يتفاعل حمض الأسيتيك مع القلويات مكونًا ملح و ماء.

(75) $CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض الأسيتيك — أسيتات الصوديوم — «تفاعل تعادل»

• يتفاعل حمض الأسيتيك مع أملاح البيكربونات مكونًا ملح الحمض وماء وثانى أكسيد الكربون.

(76) $CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

أسيتات الصوديوم

• **خواص تعزى إلى مجموعة الهيدروكسيل :**

تتفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات مكونة إستر و ماء.

(77) $CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض الأسيتيك — إستر أسيتات الإيثيل — «تفاعل أسترة»

* **خواص تعزى إلى مجموعة الكربوكسيل :**

تُختزل الأحماض العضوية بواسطة الهيدروچين فى وجود عامل حفاز مناسب، مكونة كحولات أولية

(78) $CH_3COOH_{(aq)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow[200°C]{CuCrO_4} C_2H_5OH_{(v)} + H_2O_{(v)}$

حمض الأسيتيك — كحول إيثيلى

* يتكون حمض الجلايسين من إحلال مجموعة أمينو محل ذرة هيدروچين من مجموعة الألكيل الموجودة فى جزىء حمض الأسيتيك.

(79) $-NH_2 + HCH_2COOH \longrightarrow NH_2CH_2COOH$

مجموعة أمينو — حمض الأسيتيك — حمض الجلايسين «حمض أمينو أسيتيك»

تحضير حمض البنزويك فى الصناعة

* يُحضر حمض البنزويك بأكسدة الطولوين فى وجود خامس أكسيد الڤانديوم كعامل حفاز.

(80) $2\,C_6H_5CH_3 + 3O_{2(g)} \xrightarrow[400°C]{V_2O_5} 2\,C_6H_5COOH_{(aq)} + 2H_2O_{(v)}$

الطولوين — حمض البنزويك

الخواص الكيميائية للأحماض العضوية الأروماتية

* يتفاعل حمض البنزويك مع القلويات القوية مكونًا ملح الحمض و ماء.

(81) $C_6H_5COOH_{(l)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow C_6H_5COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض البنزويك — بنزوات الصوديوم

* يتفاعل حمض البنزويك مع الكحولات مكونًا إستر و ماء.

(82) $C_6H_5COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[HCl]{dry} C_6H_5COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض البنزويك — إستر بنزوات الإيثيل

* **لا يستخدم** حمض الكبريتيك المركز **كمادة نازعة للماء** فى تفاعل حمض البنزويك مع الكحول الإيثيلى، لأن المادة النازعة للماء، لا ينبغى أن تتفاعل مع المتفاعلات فى حين أن حمض الكبريتيك المركز يتفاعل مع حلقة بنزين حمض البنزويك بالاستبدال (تفاعل سلفنة).

تحضير إستر أسيتات الإيثيل فى الصناعة

- يُحضر إستر أسيتات الإيثيل بتفاعل حمض الأسيتيك مع الكحول الإيثيلى فى وجود مادة نازعة للماء (كحمض الكبريتيك المركز أو غاز كلوريد الهيدروچين الجاف)، لمنع التفاعل العكسى.

(83) $$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

حمض الأسيتيك — إستر أسيتات الإيثيل

الخواص الكيميائية للإسترات

- التحلل المائى للإسترات فى :

- وسط حامضى :

تتحلل الإسترات مائيًا فى وجود وسط حامضى $[H^+]$ مكونة حمض عضوى و كحول.

(84) $$CH_3COOC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{H^+} CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

- وسط قاعدى :

تتحلل الإسترات مائيًا فى وجود وسط قلوى مع التسخين مكونة ملح الحمض و كحول.

(85) $$CH_3COOC_2H_{5(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

إستر أسيتات الإيثيل — أسيتات الصوديوم

(86) $$C_6H_5COOC_2H_{5(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

إستر بنزوات الإيثيل — بنزوات الصوديوم

- التحلل النشادرى للإسترات :

تتحلل الإسترات فى وجود النشادر (الأمونيا) مكونة أميد الحمض الكربوكسيلى و الكحول.

(87) $$CH_3COOC_2H_{5(l)} + NH_{3(g)} \longrightarrow CH_3CONH_{2(l)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

إستر أسيتات الإيثيل — أسيتاميد

(88) $$C_6H_5COOC_2H_{5(l)} + NH_{3(g)} \longrightarrow C_6H_5CONH_{2(l)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

إستر بنزوات الإيثيل — بنزاميد

* **الزيوت أو الدهون** عبارة عن إسترات ناتجة من تفاعل الجليسرول مع الأحماض الدهنية.

(89)
$$\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix} + \begin{matrix} HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 \\ HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_3 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ | \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 \\ | \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_3 \end{matrix} + 3H_2O$$

جليسرول — إستر ثلاثى الجليسريد

* يُصنع بوليمر **الداكرون** بأسترة حمض التيرفثاليك مع الإيثيلين جليكول، ثم إجراء بلمرة للوحدة المتكونة.

(90)
$$HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH_{(l)} + HO-CH_2-CH_2-OH_{(l)} \xrightarrow{-H_2O}$$

حمض تيرفثاليك — إيثيلين جليكول

$$HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-OH$$

* يُحضر زيت **المروخ** بأسترة حمض السلسليك مع الميثانول.

(91)
$$C_6H_4(OH)_{(l)}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\boxed{OH+H}-O-CH_{3(l)} \longrightarrow C_6H_4(OH)_{(l)}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3 + H_2O_{(l)}$$

حمض السلسليك — ميثانول — زيت المروخ (سلسيلات الميثيل)

* يُحضر **الأسبرين** بأسترة حمض السلسليك مع حمض الأسيتيك.

(92)
$$C_6H_4(COOH)-O\boxed{H_{(l)}+HO}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_{3(l)} \longrightarrow C_6H_4(COOH)-O-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-CH_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

حمض السلسليك — حمض الأسيتيك — الأسبرين (أسيتيل حمض السلسليك)

* يتحلل **الأسبرين** فى الجسم مائيًا مكونًا حمض السلسليك و حمض الأسيتيك.

(93)
$$C_6H_4(COOH)-O-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-CH_{3(s)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{(H^+)} C_6H_4(COOH)(OH)_{(aq)} + CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH_{(aq)}$$

الأسبرين — حمض السلسليك — حمض الأسيتيك

معادلات مرتبطة بإجابات بعض الأسئلة

(94) $CH_3Cl + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3OH + NaCl$

(95) $C_2H_{6(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{UV} C_2H_5Br_{(g)} + HBr_{(g)}$

(96) $CH_3-CH_2-CH=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$

(97) $CH_3-CH=CH-CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$

(98) $CH_3-C(CH_3)=C(CH_3)-CH_3 + HBr \longrightarrow$

$CH_3-CH(CH_3)-CBr(CH_3)-CH_3$

(99) $H_2C=C(CH_3)-CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3-CBr(CH_3)-CH_3$

(100) $CH_3-CH=CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{وسط قلوى}]{KMnO_4} CH_3-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-H$

(101) $H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{وسط قلوى}]{KMnO_4} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-H$

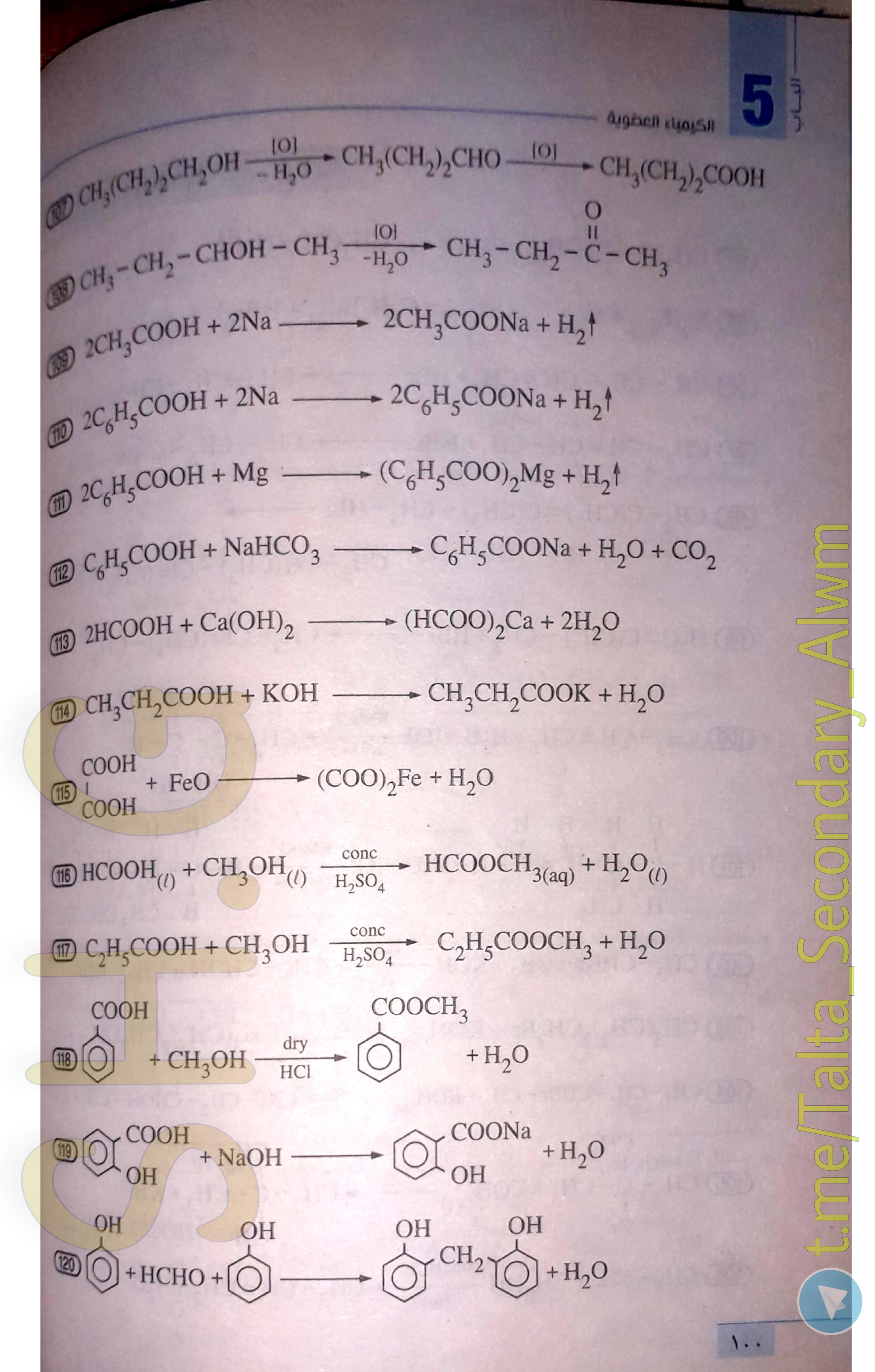
(102) $CH_3-CHBr-CH_3 + KOH \xrightarrow[\Delta]{\text{مائية}} CH_3-CHOH-CH_3 + KBr$

(103) $CH_3(CH_2)_2CH_2Br + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3(CH_2)_2CH_2OH + KBr$

(104) $CH_3-CH_2-CHBr-CH_3 + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_2-CHOH-CH_3 + KBr$

(105) $CH_3-\underset{Br}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3 + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3 + KBr$

(106) $CH_3-CH_2-CH_2OH \xrightarrow[180^\circ C]{conc\,H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$



(107) $CH_3(CH_2)_2CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{[O]} CH_3(CH_2)_2CHO \xrightarrow{[O]} CH_3(CH_2)_2COOH$

(108) $CH_3-CH_2-CHOH-CH_3 \xrightarrow[-H_2O]{[O]} CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-CH_3$

(109) $2CH_3COOH + 2Na \longrightarrow 2CH_3COONa + H_2\uparrow$

(110) $2C_6H_5COOH + 2Na \longrightarrow 2C_6H_5COONa + H_2\uparrow$

(111) $2C_6H_5COOH + Mg \longrightarrow (C_6H_5COO)_2Mg + H_2\uparrow$

(112) $C_6H_5COOH + NaHCO_3 \longrightarrow C_6H_5COONa + H_2O + CO_2$

(113) $2HCOOH + Ca(OH)_2 \longrightarrow (HCOO)_2Ca + 2H_2O$

(114) $CH_3CH_2COOH + KOH \longrightarrow CH_3CH_2COOK + H_2O$

(115) $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + FeO \longrightarrow (COO)_2Fe + H_2O$

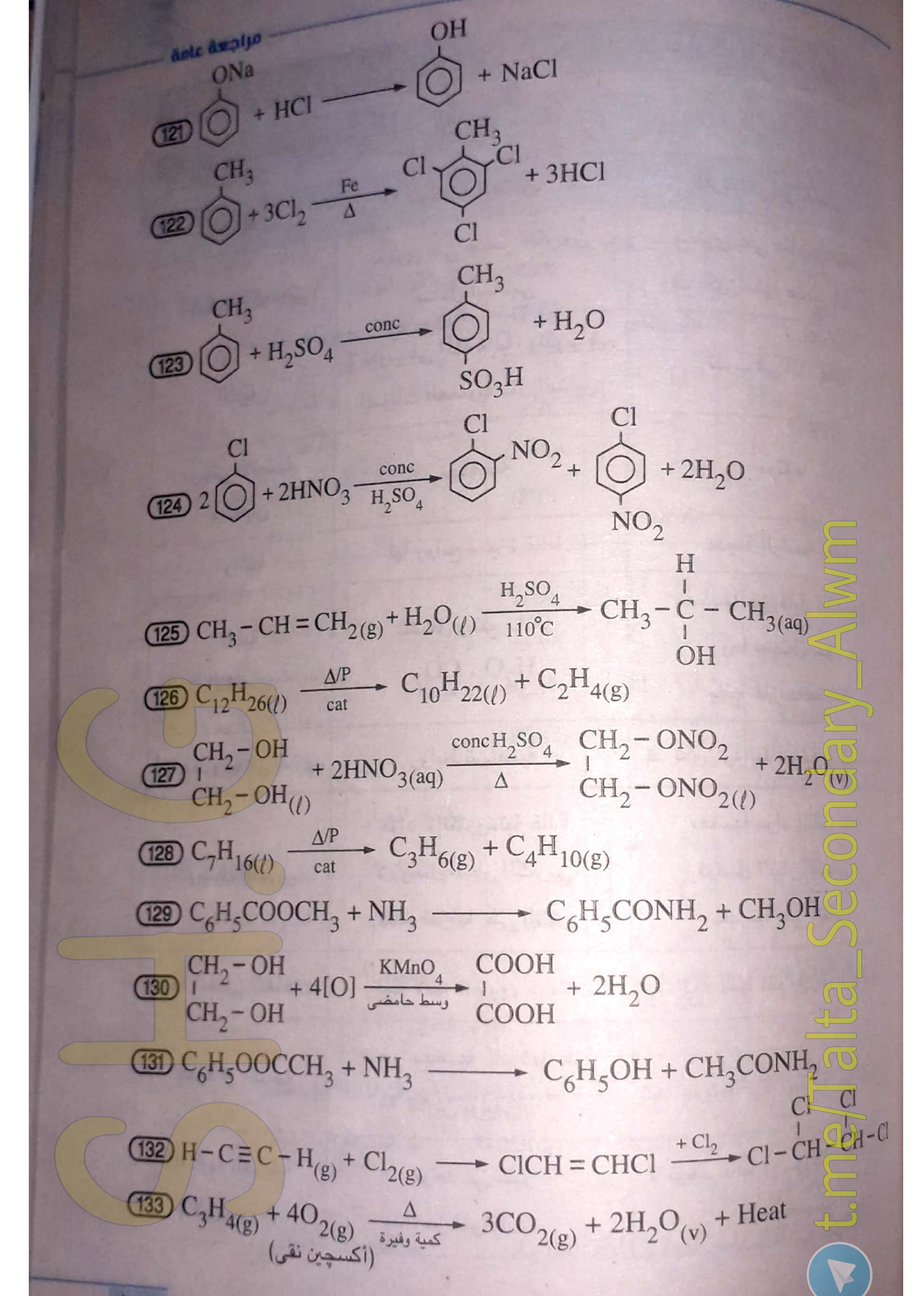
(116) $HCOOH_{(l)} + CH_3OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} HCOOCH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

(117) $C_2H_5COOH + CH_3OH \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} C_2H_5COOCH_3 + H_2O$

(118) $C_6H_5COOH + CH_3OH \xrightarrow[HCl]{dry} C_6H_5COOCH_3 + H_2O$

(119) (o-HO-C_6H_4-COOH) + NaOH ⟶ (o-HO-C_6H_4-COONa) + H_2O

(120) (C_6H_5OH) + HCHO + (C_6H_5OH) ⟶ (HO-C_6H_4-CH_2-C_6H_4-OH) + H_2O



(121) $C_6H_5ONa + HCl \longrightarrow C_6H_5OH + NaCl$

(122) $C_6H_5CH_3 + 3Cl_2 \xrightarrow[\Delta]{Fe} C_6H_2Cl_3CH_3 + 3HCl$ (2,4,6-trichlorotoluene)

(123) $C_6H_5CH_3 + H_2SO_4 \xrightarrow{conc} CH_3C_6H_4SO_3H + H_2O$ (para)

(124) $2C_6H_5Cl + 2HNO_3 \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} o\text{-}ClC_6H_4NO_2 + p\text{-}ClC_6H_4NO_2 + 2H_2O$

(125) $CH_3-CH=CH_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-CH(OH)-CH_{3(aq)}$

(126) $C_{12}H_{26(\ell)} \xrightarrow[cat]{\Delta/P} C_{10}H_{22(\ell)} + C_2H_{4(g)}$

(127) $\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH_2-OH_{(\ell)} \end{matrix} + 2HNO_{3(aq)} \xrightarrow[\Delta]{conc\,H_2SO_4} \begin{matrix} CH_2-ONO_2 \\ | \\ CH_2-ONO_{2(\ell)} \end{matrix} + 2H_2O_{(v)}$

(128) $C_7H_{16(\ell)} \xrightarrow[cat]{\Delta/P} C_3H_{6(g)} + C_4H_{10(g)}$

(129) $C_6H_5COOCH_3 + NH_3 \longrightarrow C_6H_5CONH_2 + CH_3OH$

(130) $\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix} + 4[O] \xrightarrow[\text{وسط حامضى}]{KMnO_4} \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2H_2O$

(131) $C_6H_5OOCCH_3 + NH_3 \longrightarrow C_6H_5OH + CH_3CONH_2$

(132) $H-C\equiv C-H_{(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow ClCH=CHCl \xrightarrow{+Cl_2} Cl-CH(Cl)-CH(Cl)-Cl$

(133) $C_3H_{4(g)} + 4O_{2(g)} \xrightarrow[\text{كمية وفيرة}]{\Delta} 3CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Heat$ (أكسجين نقى)

٤ مقارنات و جداول

١ المركبات العضوية و المركبات غير العضوية

وجه المقارنة	المركبات العضوية	المركبات غير العضوية
التركيب الكيميائى	تحتوى على عنصر الكربون بشكل أساسى	تحتوى على عناصر متعددة وقد يكون منها عنصر الكربون
الذوبان	لا تذوب فى الماء غالبًا، وتذوب فى المذيبات العضوية مثل البنزين	تذوب فى الماء غالبًا
درجتى الانصهار والغليان	منخفضة	مرتفعة
الرائحة	لها روائح مميزة غالبًا	عديمة الرائحة غالبًا
قابلية الاشتعال	تشتعل وينتج دائمًا H_2O ، CO_2	معظمها غير قابل للاشتعال وما يشتعل منها يُنتج غازات مختلفة
أنواع الروابط فى الجزىء	روابط تساهمية	قد تكون روابط أيونية أو تساهمية
التوصيل الكهربى	مواد لاإلكتروليتية غالبًا لا توصل التيار الكهربى، لعدم قدرتها على التأين	بعضها مواد إلكتروليتية توصل التيار الكهربى، لقدرتها على التأين
سرعة (معدل) التفاعلات	بطيئة لأنها تتم بين جزيئات	سريعة لأنها تتم بين أيونات غالبًا
البلمرة أو التجمع	تتميز معظمها بقدرتها على تكوين بوليمرات	لا توجد غالبًا
المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم)	توجد فى كثير من المركبات	لا توجد غالبًا بين جزيئات مركباتها هذه الخاصية





٣ أقسام المركبات العضوية و المجموعات الوظيفية المميزة لها

القسم	المجموعة الوظيفية (الفعالة)	الصيغة العامة	مثال	
الكحولات	الهيدروكسيل الكحولية (−OH)	R − OH	الكحول الإيثيلى (الإيثانول)	C_2H_5OH
الفينولات	الهيدروكسيل الفينولية (−OH)	Ar − OH	الفينول (حمض الكربوليك)	C_6H_5OH
الإثيرات	المجموعة الإثيرية (−O−)	R − O − R	إثير ثنائى الميثيل	CH_3OCH_3
الألدهيدات	الفورميل (الألدهيد) $(-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-H)$	R − CHO	الأسيتالدهيد (إيثانال)	CH_3CHO
الكيتونات	الكربونيل (الكيتون) $(-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-)$	R − CO − R	الأسيتون (بروبانون)	CH_3COCH_3
الأحماض العضوية	الكربوكسيل $(-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-OH)$	R − COOH	حمض الأسيتيك (حمض الإيثانويك)	CH_3COOH
الإسترات	الإستر $(-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-)$	R − COO − R	إستر أسيتات الإيثيل	$CH_3COOC_2H_5$
الأمينات	الأمين (الأمينو) $(-NH_2)$	$R-NH_2$	إيثيل أمين حمض أمينو أسيتيك	$C_2H_5NH_2$ NH_2CH_2COOH
الأميدات	$(\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-NH_2)$	$R-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-NH_2$	أسيتاميد بنزاميد	CH_3CONH_2 $C_6H_5CONH_2$

٤ المجموعات الموجهة

* إذا اتصلت حلقة البنزين بأحد المجموعات الموجهة التالية :

• الألكيل $(R-)$ • الهالوجين $(-X)$ • الهيدروكسيل $(-OH)$ • الأمينو $(-NH_2)$ فإن تفاعلات الإحلال تتم فى الموضعين **أرثو ، بارا** المجموعة الموجهة 2 (أرثو) ، 3 ، 4 (بارا) ، 5 ، 6 (أرثو)	• الكربونيل $(-CO-)$ • الكربوكسيل $(-COOH)$ • الألدهيد $(-CHO)$ • النيترو $(-NO_2)$ «لاحظ أن جميعها تحتوى على الرابطة (O=)» فإن تفاعلات الإحلال تتم فى الموضع **ميتا** المجموعة الموجهة 2 ، 3 (ميتا) ، 4 ، 5 (ميتا) ، 6

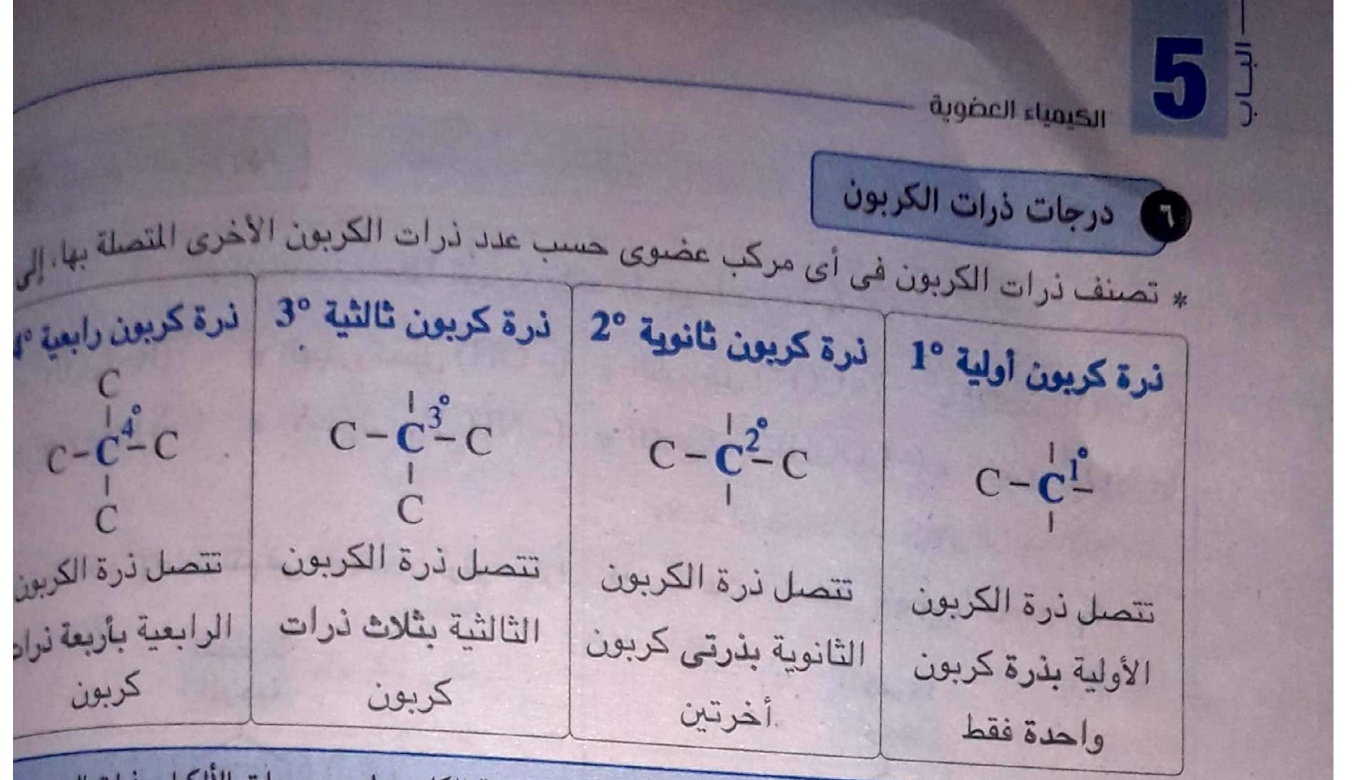
٥ تصنيف الكحولات حسب عدد مجموعات الهيدروكسيل فى كل جزىء

كحولات أحادية الهيدروكسيل	كحولات ثنائية الهيدروكسيل	كحولات ثلاثية الهيدروكسيل	كحولات عديدة الهيدروكسيل
CH_3 | CH_2OH	CH_2OH | CH_2OH	CH_2OH | $CHOH$ | CH_2OH	CH_2OH | $(CHOH)_4$ | CH_2OH
الإيثانول	الإيثيلين جليكول	الجليسرول	السوربيتول
C_2H_5OH	$C_2H_4(OH)_2$	$C_3H_5(OH)_3$	$C_6H_8(OH)_6$

الجلايكولات هى مركبات تحتوى على مجموعتى **هيدروكسيل** مرتبطتين بذرتى كربون متجاورتين.

٦ درجات ذرات الكربون

* تصنف ذرات الكربون فى أى مركب عضوى حسب عدد ذرات الكربون الأخرى المتصلة بها، إلى



ذرة كربون أولية 1°	ذرة كربون ثانوية 2°	ذرة كربون ثالثية 3°	ذرة كربون رابعية 4°
$C-\overset{\mid}{\underset{\mid}{C}}{}^{1°}-$	$C-\overset{\mid}{\underset{\mid}{C}}{}^{2°}-C$	$C-\overset{\mid}{\underset{C}{C}}{}^{3°}-C$	$C-\overset{C}{\underset{C}{C}}{}^{4°}-C$
تتصل ذرة الكربون الأولية بذرة كربون واحدة فقط	تتصل ذرة الكربون الثانوية بذرتى كربون أخرتين	تتصل ذرة الكربون الثالثية بثلاث ذرات كربون	تتصل ذرة الكربون الرابعية بأربعة ذرات كربون

٧ تصنيف الكحولات أحادية الهيدروكسيل حسب ارتباط مجموعة الكاربينول بمجموعات الألكيل وذرات الهيدروجين

* الكاربينول هى ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل HO $-\overset{\mid}{\underset{\mid}{C}}-OH$

كحولات أولية	كحولات ثانوية	كحولات ثالثية
ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بذرة كربون واحدة وذرتى هيدروچين (تتصل فيها مجموعة الهيدروكسيل بذرة كربون أولية)	ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بذرتى كربون وذرة هيدروچين واحدة (تتصل فيها مجموعة الهيدروكسيل بذرة كربون ثانوية)	ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بثلاث ذرات كربون (تتصل فيها مجموعة الهيدروكسيل بذرة كربون ثالثية)
$R-\overset{H}{\underset{H}{C}}-OH$	$R-\overset{R}{\underset{H}{C}}-OH$	$R-\overset{R}{\underset{R}{C}}-OH$
$CH_3-\overset{H}{\underset{H}{C}}-OH$	$H_3C-\overset{CH_3}{\underset{H}{C}}-OH$	$H_3C-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-OH$
«إيثانول» كحول إيثيلى	2- بروبانول «كحول بروبيلى ثانوى» «كحول أيزوبروبيلى»	2- ميثيل -2- بروبانو «كحول بيوتيلى ثالثى»

٨ الفرق بين الكحول الثانوى و الكحول الأيزوألكيل

مجموعات الألكيل الثانوية

مجموعة الألكيل التى تحتوى على ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروچين واحدة وذرتى كربون أخرتين.

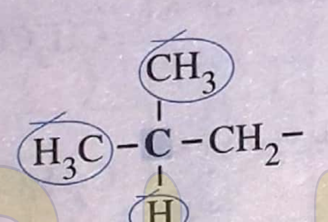
تطبيق

H   H   H
| | | |
H – C – (C) – C – (C) – H
| | | |
H   H   H   H

مجموعة بيوتيل **ثانوية**

مجموعات الأيزوألكيل

مجموعة الألكيل التى تحتوى على ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروچين واحدة ومجموعتى ميثيل $(-CH_3)$



مجموعة **أيزو**بيوتيل

الكحولات الثانوية

الكحولات التى ترتبط ذرة كربون مجموعة الكاربينول فيها بذرة هيدروچين واحدة وذرتى كربون أخرتين.

الكحولات الأيزوألكيل

الكحولات التى تحتوى على ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروچين واحدة ومجموعتى ميثيل $(-CH_3)$.

تطبيقات

$$H_3C - \underset{OH}{\overset{H}{C}} - CH_3$$

كحول بروبيلى **ثانوى** (كحول **أيزو**بروبيلى)

H   H   OH   H
| | | |
H – C – (C) – C – (C) – H
| | | |
H   H   H   H

كحول بيوتيلى **ثانوى**

2– بيوتانول

«كحول ثانوى»

$$\underset{H}{\overset{CH_3}{H_3C - C}} - CH_2OH$$

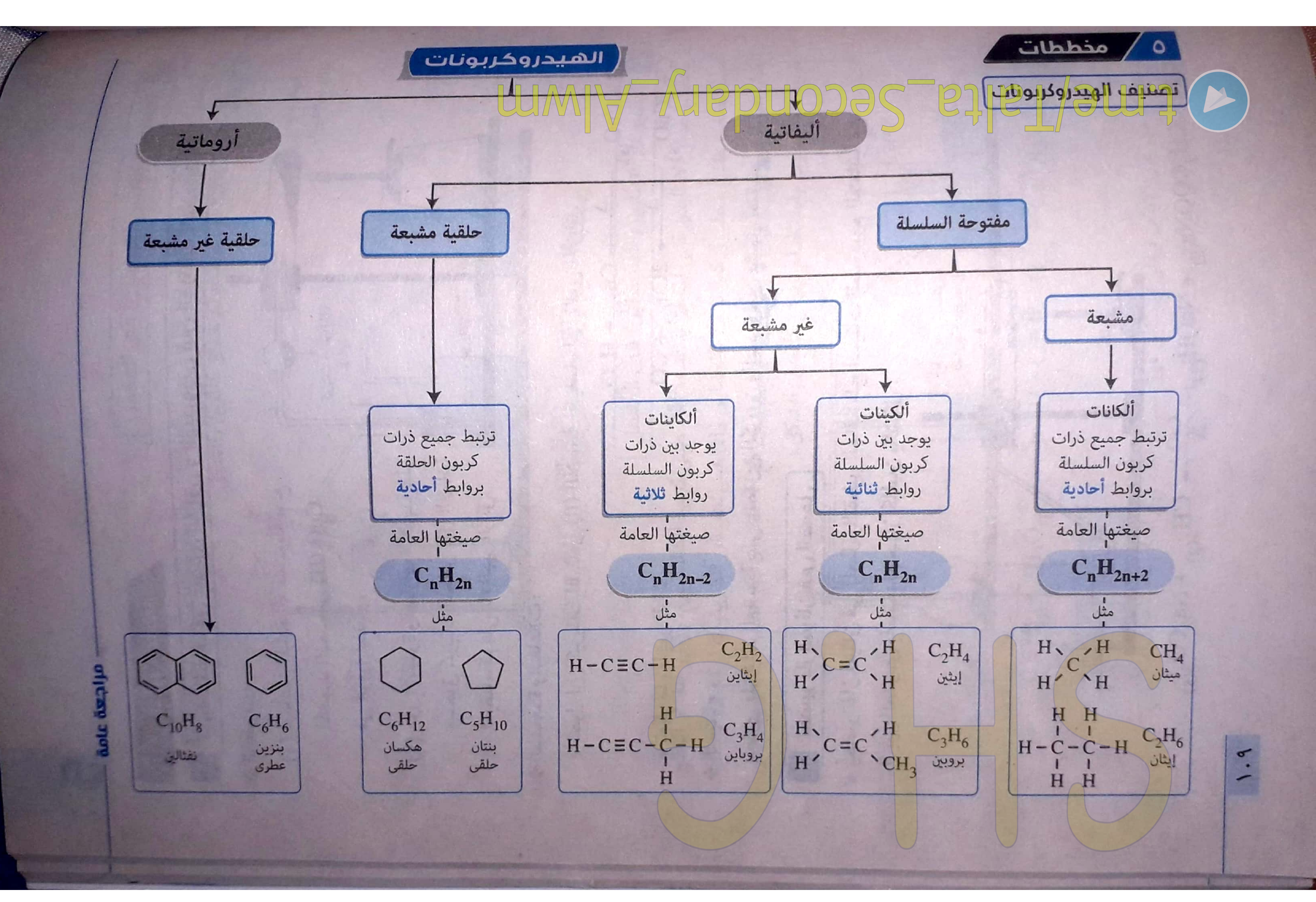
كحول **أيزو**بيوتيلى

2– ميثيل –1– بروبانول

«كحول أولى»

٩ بعض الأحماض الكربوكسيلية ومصادرها وأسمائها

الصيغة	اسم الحمض تبعًا لمصدره	الألكان المقابل	اسم الحمض تبعًا للأيوباك
$HCOOH$	حمض الفورميك (Formica) النمل (Ant)	الميثان	حمض ميثانويك
CH_3COOH	حمض الأسيتيك (Acetum) الخل (Vinegar)	الإيثان	حمض إيثانويك
C_3H_7COOH	حمض البيوتيريك (Butyrum) الزبدة (Butter)	بيوتان	حمض بيوتانويك
$C_{15}H_{31}COOH$	حمض البالمتيك (Palma) النخيل (Palm)	هكساديكان (16 ذرة كربون)	حمض هكساديكانويك

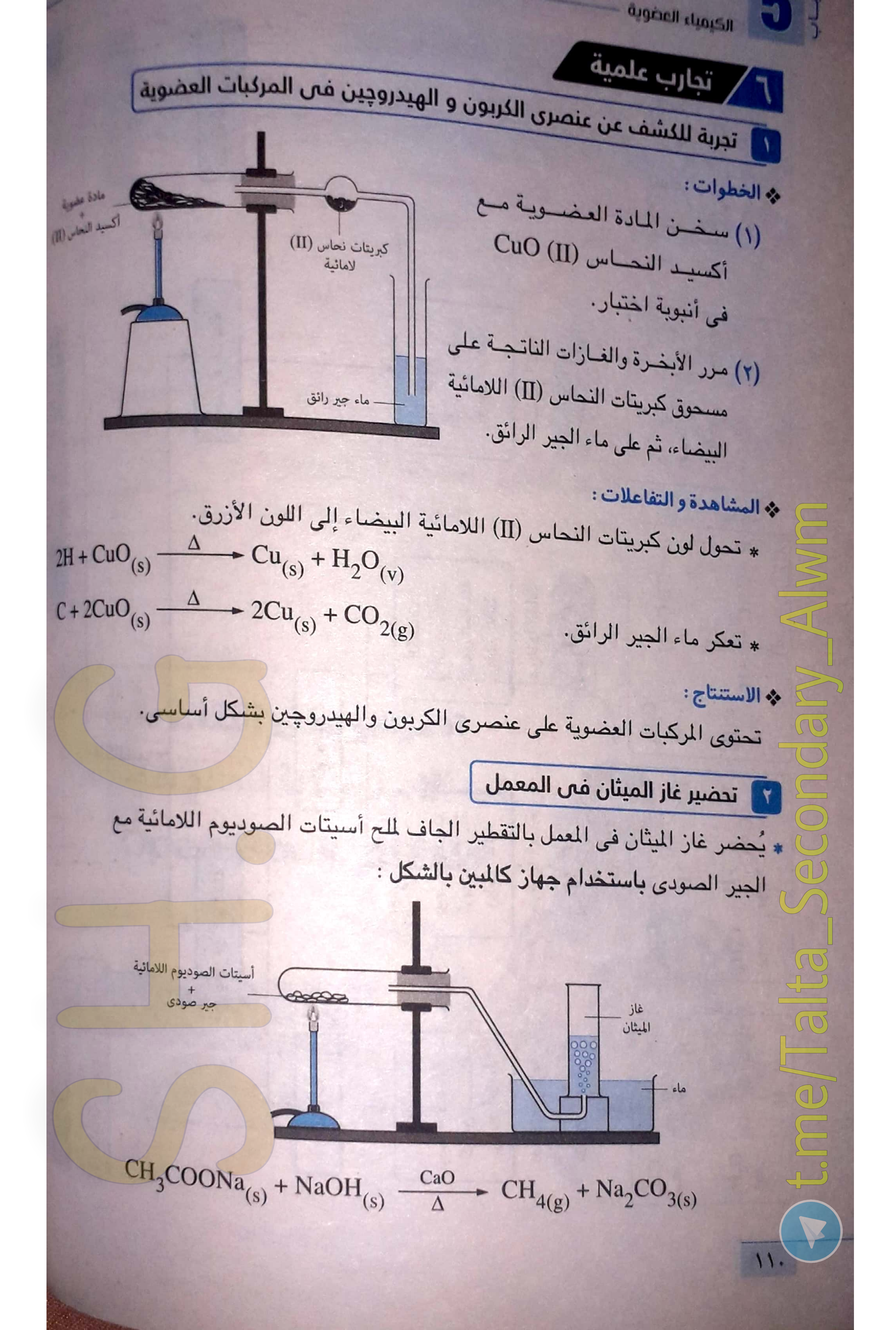


تصنيف الهيدروكربونات
الهيدروكربونات
أليفاتية
أروماتية
مفتوحة السلسلة
حلقية مشبعة
حلقية غير مشبعة
مشبعة
غير مشبعة
ألكانات
ترتبط جميع ذرات كربون السلسلة بروابط أحادية
ألكينات
يوجد بين ذرات كربون السلسلة روابط ثنائية
ألكاينات
يوجد بين ذرات كربون السلسلة روابط ثلاثية
ترتبط جميع ذرات كربون الحلقة بروابط أحادية
صيغتها العامة
C_nH_{2n+2}
C_nH_{2n}
C_nH_{2n-2}
C_nH_{2n}
مثل
CH_4 ميثان
C_2H_6 إيثان
C_2H_4 إيثين
C_3H_6 بروبين
C_2H_2 إيثاين
C_3H_4 بروباين
C_5H_{10} بنتان حلقى
C_6H_{12} هكسان حلقى
C_6H_6 بنزين عطرى
$C_{10}H_8$ نفثالين

٦ تجارب علمية

تجربة للكشف عن عنصرى الكربون و الهيدروچين فى المركبات العضوية

١ تجربة للكشف عن عنصرى الكربون و الهيدروچين فى المركبات العضوية



❖ **الخطوات :**

(١) سخن المادة العضوية مع أكسيد النحاس (II) CuO فى أنبوبة اختبار.

(٢) مرر الأبخرة والغازات الناتجة على مسحوق كبريتات النحاس (II) اللامائية البيضاء، ثم على ماء الجير الرائق.

❖ **المشاهدة و التفاعلات :**

* تحول لون كبريتات النحاس (II) اللامائية البيضاء إلى اللون الأزرق.

$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$C + 2CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Cu_{(s)} + CO_{2(g)}$$

* تعكر ماء الجير الرائق.

❖ **الاستنتاج :**

تحتوى المركبات العضوية على عنصرى الكربون والهيدروچين بشكل أساسى.

٢ تحضير غاز الميثان فى المعمل

* يُحضر غاز الميثان فى المعمل بالتقطير الجاف لملح أسيتات الصوديوم اللامائية مع الجير الصودى باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

٢ مونومرات الألكينات و مشتقاتها الناتجة بالإضافة و أهم استخداماتها

المونومر	البوليمر	الاسم التجارى	خواصه	استخداماته
$CH_2=CH_2$ إيثين (إيثيلين)	$-[CH_2-CH_2]_n-$ بولى إيثيلين	بولى إيثيلين **(PE)**	* لين. * لا يتأثر بالمواد الكيميائية.	* الرقائق والأكياس البلاستيك. * الزجاجات البلاستيك. * الخراطيم.
$CH_2=CH-CH_3$ بروبين (بروبلين)	$-[CH_2-CH(CH_3)]_n-$ بولى بروبلين	بولى بروبلين **(PP)**	* صلب. * قوى.	* السجاد. * المفارش. * الشكائر البلاستيك. * المعلبات.
$CH_2=CHCl$ كلورو إيثين (كلوريد الفاينيل)	$-[CH_2-CHCl]_n-$ بولى كلورو إيثين	بولى ڤاينيل كلوريد **(PVC)**	* لين. * قوى.	* مواسير الصرف الصحى والرى. * الأحذية. * خراطيم المياه. * عوازل الأرضيات. * جراكن الزيوت المعدنية.
$CF_2=CF_2$ رباعى فلورو إيثين	$-[CF_2-CF_2]_n-$ بولى رباعى فلورو إيثين	**تفلون**	* يتحمل الحرارة. * غير قابل للالتصاق. * عازل للكهرباء. * خامل.	* تبطين أوانى الطهى (التيفال). * الخيوط الجراحية.

* يختلف البوليمر عن المونومر المكون له – بطريقة الإضافة – **فى عدة أوجه مثل :**

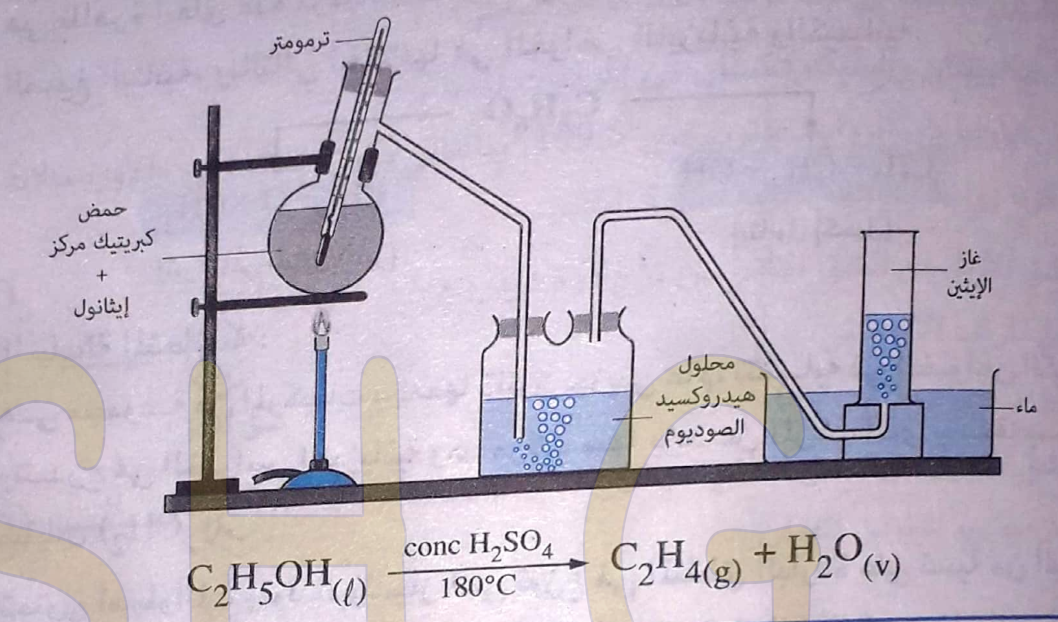
• الكتلة المولية. • درجة الغليان. • الكثافة. • الصيغة الجزيئية.

فى حين يتفقا فى :

• كتل كل من المواد المستخدمة و المواد الناتجة. • الصيغة الأولية.

٣ تحضير غاز الإيثين (الإيثيلين) فى المعمل

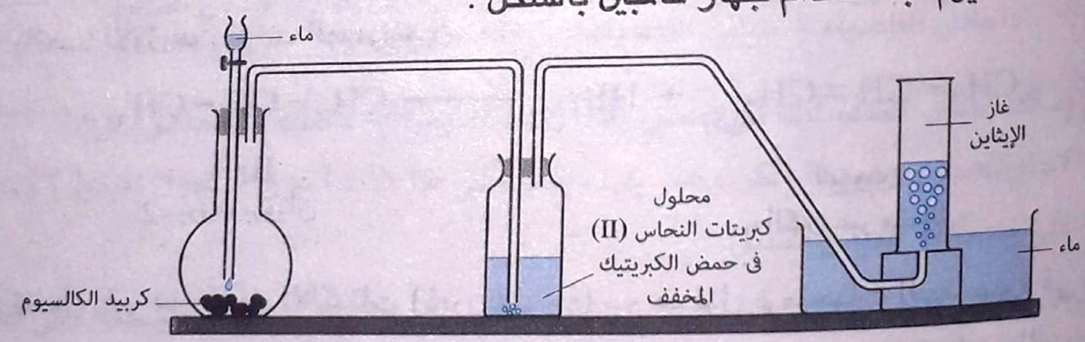
* يُحضر غاز الإيثين فى المعمل بنزع الماء من الكحول الإيثيلى بواسطة حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى $180°C$، **باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :**



$$C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[180°C]{conc\ H_2SO_4} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

٤ تحضير غاز الإيثاين (الأسيتيلين) فى المعمل

* يُحضر غاز الإيثاين فى المعمل بتنقيط الماء على كربيد الكالسيوم، ويمرر الغاز الناتج قبل جمعه على محلول كبريتات النحاس (II) فى حمض الكبريتيك المخفف لإزالة غاز الفوسفين PH_3 وغاز كبريتيد الهيدروچين H_2S الناتجين من الشوائب الموجودة فى كربيد الكالسيوم، **باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :**



$$\underset{\text{كربيد الكالسيوم}}{\underset{Ca}{C \equiv C_{(s)}}} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow \underset{\text{الإيثاين}}{H-C \equiv C-H_{(g)}} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

* يُجمع كلًا من غاز الإيثين وغاز الإيثاين فوق سطح الماء (بإزاحة الماء لأسفل)، لأن كثافة كلًا منهما أقل من كثافة الماء ولا يذوبا فيه.

٧ نبذات علمية

١ المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم) (التشكل) :

هى ظاهرة اتفاق عدة مركبات عضوية فى صيغة جزيئية واحدة، واختلافها فى الصيغ البنائية، وبالتالى اختلافها فى الخواص الفيزيائية والكيميائية.

$$C_2H_6O$$

CH_3-CH_2-OH إيثانول (كحول)

CH_3-O-CH_3 إثير ثنائى الميثيل (إثير)

٢ السلسلة المتجانسة :

هـى مجموعـة من المركبـات يجمعها قانون جزيئى عام، تتشـابه فى الخـواص الكيميائية وتتـدرج فى الخـواص الفيزيائية وكل مركب منها يزيد عن المركب الذى يسبقه بمجموعة ميثيلين (CH_2).

٣ تحتوى أسطوانات وقود البوتاجاز التى توزع فى المناطق الباردة على نسبة من البروبان أكبر من البيوتان،

لأن غاز البروبان أكثر تطايرًا (درجة غليانه أقل) من غاز البيوتان.

٤ قاعدة ماركونيكوف :

تنـص علـى أنـه عند عند إضافـة متفاعل غيـر متماثـل (H^+X^- ، $H^+-OSO_3H^-$) إلى ألكين غير متماثل، فإن الشق الموجب من المتفاعل يضاف إلى ذرة الكربون المرتبطة بالعدد الأكبـر من ذرات الهيدروچين فى حين يضاف الشـق السـالب إلـى ذرة الكربون المرتبطة بالعدد الأقل من ذرات الهيدروچين.

$$CH_3-CH=CH_{2(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_{3(\ell)}$$

البروبين «ألكين غير متماثل» ← 2- بروموبروبان

٥ تفاعل باير

هو تفاعل الألكينات (غير المشبعة) مع محلول برمنجنات البوتاسيوم فى وسط قلوى، ويستخـدم فى الكـشف عن وجود الرابطة المزدوجة فى الألكينات وذلك بزوال لون البرمنجنات البنفسجى.

$$H_2C=CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{وسط قلوى}]{KMnO_4} \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$

إيثين ← إيثيلين جليكول (1، 2- ثنائى هيدروكسى إيثان)

٦ **البروبان الحلقى أكثر نشاطًا من البيوتان الحلقى،**

لأن الزاوية بين كل رابطتين فى البروبان الحلقى تساوى 60° بينما فى البيوتان الحلقى تساوى 90°، وكلما صغرت الزاوية كلما كان الارتباط بين ذرات الكربون ضعيفًا وزادت درجة النشاط الكيميائى.

٧ **السيكلوبنتان والسيكلوهكسان من المركبات المستقرة،**

لأن الزوايا بين الروابط تقترب من 109.5°، وبالتالى يكون التداخل بين الأوربيتالات قويًا، مكونًا روابط سيجما القوية صعبة الكسر.

٨ **شق الأريل** هو الشق الناتج من نزع ذرة هيدروچين من المركب الأروماتى،
ويرمز له بالرمز (Ar–).

CH_3 —(–H)→ CH_2–

طولوين — شق البنزيل

٩ **شق الفينيل** هو الشق الناتج من نزع ذرة هيدروچين من جزىء البنزين العطرى.

C_6H_6 —(–H)→ C_6H_5–

بنزين عطرى — شق الفينيل

١٠ **قاعدية الحمض :**

هى عدد مجموعات الكربوكسيل الموجودة بالحمض.

CH_3COOH	COOH | COOH	C₆H₅COOH	C₆H₄(COOH)₂
حمض الأسيتيك «أحادى القاعدية»	حمض الأكساليك «ثنائى القاعدية»	حمض البنزويك «أحادى القاعدية»	**حمض الفثاليك** «ثنائى القاعدية»

١١ **يسلك حمض السلسليك فى بعض التفاعلات الكيميائية مسلك الأحماض،**

لاحتوائه على مجموعة الكربوكسيل، ويسلك فى تفاعلات أخرى ككحول (فينول) لاحتوائه على مجموعة الهيدروكسيل.

١٢ **الأحماض الدهنية** هى أحماض أليفاتية أحادية الكربوكسيل، (مشبعة فى الدهون وغير مشبعة فى الزيوت) تتفاعل مع الجليسرول مكونة إسترات.

١٣ **التصبن** هو عملية تحلل مائى للدهون أو الزيوت بفعل القواعد القوية مثل NaOH ، KOH لتكوين صابون وجليسرول.

١٤ **البولى إسترات** هى بوليمرات تنتج من عملية تكاثف مشتركة لمونومرين، أحدهما حمض ثنائى القاعدية والآخر كحول ثنائى الهيدروكسيل.

٨ طرق كشف و تمييز

١ غاز الميثان (الألكانات) و غاز الإيثين (الألكينات)

التجربة	غاز الميثان	غاز الإيثين
يمرر كلًا من الغازين فى محلول برمنجنات البوتاسيوم فى وجود وسط قلوى «تفاعل باير»	لا يزول لون البرمنجنات البنفسجى	يزول لون البرمنجنات البنفسجى

٢ غاز الميثان (الألكانات) و غاز الإيثاين (الألكاينات)

التجربة	غاز الميثان	غاز الإيثاين (الأسيتيلين)
يُرج كلًا من الغازين فى البروم المذاب فى محلول رابع كلوريد الكربون	لا يزول لون محلول البروم الأحمر	يزول لون محلول البروم الأحمر

٣ كحول أولى و كحول ثالثى

التجربة	الكحول الأولى	الكحول الثالثى
يضاف محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز إلى كل من الكحولين	يزول لون البرمنجنات البنفسجى	لا يزول لون البرمنجنات البنفسجى

٤ الكشف عن تعاطى السائقين للكحولات

* ينفخ السائق بالون من خلال أنبوبة بها مادة السيليكاچل المشبعة بثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز، ثم يترك البالون ليخرج منه زفير السائق، فإذا تغير لون ثانى كرومات البوتاسيوم داخل الأنبوبة من **البرتقالى** إلى **الأخضر** يكون السائق مخمورًا.

٥ الكشف عن الفينول

١) عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى محلول الفينول فى الماء، يتكون لون **بنفسجى**.

٢) عند إضافة ماء البروم إلى محلول مائى من الفينول، يتكون راسب **أبيض**.

٦ الفينول و الإيثانول / حمض الكربوليك و حمض الكربونيك

التجربة	الفينول	الإيثانول
	حمض الكربوليك	حمض الكربونيك
تضاف قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى كل منهما	يتكون لون بنفسجي	لا يتكون لون بنفسجي

٧ الكشف عن حمض الأسيتيك (كشف الحامضية)

* عند إضافة الحمض إلى ملح كربونات أو بيكربونات الصوديوم، يحدث **فوران** لتصاعد غاز CO_2 الذى **يعكر** ماء الجير الرائق.

٨ الفينول و حمض الأسيتيك

التجربة	الفينول	حمض الأسيتيك
تضاف قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى كل منهما	يتكون لون بنفسجي	لا يتكون لون بنفسجي

* يتكون لون بنفسجى عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) $FeCl_3$ إلى أيًا من الفينول أو حمض السلسليك، لاتصال حلقة البنزين فى كل منهما بمجموعة هيدروكسيل OH – فينولية.

٩ الإيثانول و حمض الأسيتيك

التجربة	الإيثانول	حمض الأسيتيك
يضاف محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك إلى كل منهما	يزول لون البرمنجنات البنفسجي	لا يزول لون البرمنجنات البنفسجي

٩ خواص فيزيائية

١ الألكانات

) الألكانات التى تتضمن :

- من (1 : 4) ذرة كربون، **غازات** فى درجة الحرارة العادية.
- من (5 : 17) ذرة كربون، **سوائل** فى درجة الحرارة العادية.
- أكثر من 17 ذرة كربون، **مواد صلبة** فى درجة الحرارة العادية مثل شمع البارافين.

(٢) كلما ازداد عدد ذرات الكربون فى الألكان غير المتفرع وبالتالى كتلته المولية ازدادت درجة غليانه ودرجة انصهاره.

(٣) الألكانات مواد **غير قطبية** لا تذوب فى المذيبات القطبية كالماء، بينما تذوب فى المذيبات العضوية.

٢ الألكينات

(١) **الألكينات التى تتضمن :**

- من (2 : 4) ذرة كربون، **غازات** فى درجة الحرارة العادية.
- من (5 : 15) ذرة كربون، **سوائل** فى درجة الحرارة العادية.
- أكثر من 15 ذرة كربون، **مواد صلبة** فى درجة الحرارة العادية.

(٢) الألكينات مواد **غير قطبية** لا تذوب فى الماء، بينما تذوب فى المذيبات العضوية.

٣ الكحولات

(١) الكحولات مواد متعادلة التأثير، عديمة اللون.

(٢) المركبات الأولى سوائل خفيفة تمتزج بالماء امتزاجًا تامًا، المركبات المتوسطة سوائل زيتية القوام، المركبات العالية صلبة ذات قوام شمعى.

(٣) تذوب الكحولات فى الماء **لاحتوائها على** مجموعة **الهيدروكسيل القطبية** التى تكون **روابط هيدروچينية** مع جزيئات الماء.

(٤) درجة غليان الكحولات مرتفعة **لاحتوائها على** مجموعات الهيدروكسيل القطبية التى تعمل على تكوين روابط هيدروچينية بين جزيئات الكحول وبعضها.

(٥) تزداد درجة غليان الكحولات وكذلك قابليتها للذوبان فى الماء **بزيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل** فى الجزىء وتقل بزيادة الكتلة الجزيئية الجرامية (الكتلة المولية)، فدرجة غليان **الإيثانول** 78°C وهو يحتوى على مجموعة هيدروكسيل، بينما درجة غليان **الإيثيلين جليكول** تصل إلى 197°C لوجود مجموعتى هيدروكسيل فى الجزىء الواحد، ودرجة غليان **الجليسرول** 290°C لوجود ثلاث مجموعات هيدروكسيل فى الجزىء الواحد.

٤ البنزين العطرى

(١) سائل شفاف ذو رائحة عطرية مميزة.

(٢) درجة غليانه 80°C

(٣) لا يمتزج بالماء (شحيح الذوبان فى الماء) ولكنه يمتزج مع معظم المذيبات العضوية.

٥ الفينـــول

(١) مادة صلبة كاوية للجلد.

(٢) ذو رائحة مميزة.

(٣) ينصهر عند 43°C

(٤) شحيح الذوبان فى الماء، ويزداد ذوبانه فى الماء برفع درجة الحرارة حتى يمتزج به تمامًا عند 65°C

٦ الأحماض العضوية

تتدرج الخواص الفيزيائية للأحماض العضوية بزيادة كتلها المولية.

(١) الأحماض الأربعة الأولى سوائل كاوية، ذات رائحة نفاذة، تامة الذوبان فى الماء.

(٢) الأحماض التالية سوائل زيتية القوام، كريهة الرائحة، شحيحة الذوبان فى الماء.

(٣) الأحماض ذات الكتل الجزيئية الكبيرة صلبة، عديمة الرائحة، غير قابلة للذوبان فى الماء.

(٤) الأحماض العضوية الأروماتية عامة أقوى من الأحماض الأليفاتية وأقل منها تطايرًا وذوبانًا فى الماء.

(٥) درجة غليان الأحماض الكربوكسيلية **أعلى من** درجة غليـان الكحولات المسـاوية لها فى عدد ذرات الكربـون، **لأن** كل جزيئـين مـن الحمض يرتبطـا معًـا برابطتـين هيدروچينيتـين، بينما كل جزيئـين مـن الكحـول يرتبطا معًـا برابطة هيدروچينية واحدة.

```
      O-------H-O
     //           \
R - C              C - R
     \           //
      O-H-------O
```

٧ الإستـــرات

(١) الإسترات معظمها سوائل.

(٢) درجة غليان الإسـترات **أقل بكثير من** درجة غليان الكحولات والأحماض العضوية المسـاوية لها فى الكتلة المولية، وذلك **لعدم** احتوائها على مجموعة الهيدروكسـيل القطبية الموجودة فى الكحولات والأحماض، والتى تتسبب فى ربط جزيئاتها معًا بالروابط الهيدروچينية.

(٣) تتميز بروائح زكية، لذا تستخدم كمكسبات طعم ورائحة.